

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики
Подразделение НОЦ И.Н. Бутакова
Направление 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматическая система предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания

УДК 621.182.232-63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Семёнова Александра Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак П.А.	д.ф.-м.н., профессор		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ИШЭ	Пискунов М.В.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова	Антонова А.М.	К.т.н.		

Томск – 2020 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
P1	Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок</i> , автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля.
P2	Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы</i> , автоматизированных систем управления и их компоненты.
P4	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, их оборудования, интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления
P6	Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i>
P12	Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .

Школа Инженерная школа энергетики
Подразделение НОЦ И.Н. Бутакова
Направление 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

_____	_____	<u>И.П. Озерова</u>
(Подпись)	(Дата)	(Ф.И.О.)

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Семёновой Александре Евгеньевне

Тема работы:

Автоматическая система предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 135-41/с от 14.05.2020 г
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p>	<p>Объектом проектирования является топливная система, работающая на альтернативном топливе. Альтернативное топливо – вододизельное микроэмульсионное топливо, приготовленное на основе зимнего дизельного топлива и дистиллированной воды.</p> <p>При разработке системы управления предварительным подогревом микроэмульсионного топлива предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации контроля параметров и дистанционного управления системой.</p>
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Научно-исследовательская работа. 2. Разработка АСУ предварительным подогревом микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания. 3. Разработка щита управления АСУ предварительным подогревом микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания. 4. Расчет параметров настройки ПИ-регулятора. 5. Мнемосхема проекта. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема структурная. 2. Схема функциональная. 3. Схема монтажная. 4. Схема принципиальная электрическая. 5. Общий вид щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак П.А.	д.ф.-м.н., профессор		
Старший преподаватель ИШЭ	Пискунов М.В.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Семёнова Александра Евгеньевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 90 с., 18 рисунков, 29 таблиц, 51 источник.

Ключевые слова: автоматическая система управления, альтернативное топливо, микроэмульсия, микроэмульсионное топливо, подогреваемый топливозаборник, термодинамическая стабильность.

Объектом автоматизации является топливная система, работающая на микроэмульсионном топливе.

Цель работы – разработка автоматической системы предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания для обеспечения условий сохранения его однофазного состояния и нормативных (или близких к нормативным) реологических показателей.

В процессе выполнения работы проводились экспериментальные исследования процесса парообразования тонких пленок топливного образца для проверки его работоспособности в условиях разрабатываемой топливной системы, выполнен анализ объекта автоматизации, составлена структурная схема автоматической системы, спроектированы функциональная, принципиальная электрическая и монтажная схемы, разработан общий вид щита автоматизации, выбраны технические средства автоматизации, составлена заказная спецификация, разработана мнемосхема проекта.

В результате исследования разработана автоматическая система управления температурой микроэмульсионного топлива на основе современных микропроцессорных средств автоматизации.

Основным преимуществом разработанной системы является наличие программно-оперативного комплекса на базе SCADA-системы, повышающего качество регулирования и быстродействие системы, а также позволяющего оперативно отреагировать на любую аварийную ситуацию, сложившуюся в процессе эксплуатации системы.

Оглавление

Введение	8
1 Научно-исследовательская работа	11
1.1 Теоретическая информация по исследуемым процессам	11
1.2 Экспериментальный стенд и процедура опытов	13
1.3 Результаты и обсуждение	18
2 Разработка АСУ предварительным подогревом микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания.....	26
2.1 Разработка структуры автоматической системы управления	28
2.2 Разработка функциональной схемы АСУ	30
2.3 Выбор технических средств и составление спецификации.....	31
2.3.1 Выбор датчиков температуры	31
2.3.2 Выбор датчиков давления.....	32
2.3.3 Выбор датчика расхода	32
2.3.4 Выбор датчика уровня	32
2.3.5 Выбор исполнительного механизма	33
2.3.6 Выбор регулирующего устройства.....	33
2.4 Разработка монтажной схемы	35
2.5 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления	36
2.6 Разработка общего вида щита управления.....	37
3 Расчет параметров настройки ПИ-регулятора.....	38
3.1 Идентификация объекта управления	38
3.2 Расчет параметров настройки регулятора	41
3.3 Определение оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора.....	45
3.4 Расчет, построение и оценка качества переходного процесса в замкнутой АСУ по каналу задающего воздействия.....	46
3.5 Оценка качества регулирования.....	49
4 Мнемосхема проекта	50
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	54
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	54
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	54

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	55
5.1.3 SWOT-анализ	57
5.2 Планирование научно-технического проекта.....	58
5.2.1 Структура научно-технического проекта.....	58
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	59
5.2.3 Разработка графика проведения научно-технического проекта	60
5.3 Бюджет научно-технического проекта.....	63
5.3.1 Материальные затраты.....	63
5.3.2 Затраты на оборудование.....	64
5.3.3 Расчет амортизационных затрат	64
5.3.4 Заработная плата исполнителей.....	65
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	67
5.3.6 Накладные расходы	67
5.4 Формирование бюджета затрат	68
5.5 Выводы по разделу	69
6 Социальная ответственность	72
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
6.2 Производственная безопасность	74
6.3 Экологическая безопасность	81
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
6.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	83
Заключение	85
Список использованных источников	86

Графический материал	на отдельных листах
ФЮРА.421000.013 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.013 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.013 ЗС	Заказная спецификация
ФЮРА.421000.013 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.013 Э4	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.013 ВО	Общий вид щита управления

Введение

При использовании традиционных видов топлива в транспортном секторе происходит глобальное воздействие вредных выбросов на окружающую среду. В связи с этим растет интерес к использованию вододизельных эмульсионных и микроэмульсионных топлив, важным преимуществом которых является снижение негативного экологического воздействия на окружающую среду [1,2].

Вододизельная эмульсия/микроэмульсия состоит из базового топлива (дисперсионная среда) и дистиллированной воды (дисперсная среда), которые, как правило, смешиваются с использованием поверхностно-активного вещества (ПАВ) – эмульгатора. Добавление воды способствует снижению температуры в камере сгорания. Это, в свою очередь, позволяет избежать формирования некоторых характерных вредных антропогенных выбросов [2–4], таких как оксиды азота и углеродистый осадок. Наличие воды в виде дисперсной фазы также является триггером явления микровзрыва, которое способствует вторичному распылению топлива [5,6]. В целом, увеличивается эффективность использования топлива [2].

К тому же, при эксплуатации эмульсионного и микроэмульсионного топлива требуется изначально меньший расход по сравнению с традиционным дизельным топливом. Это способствует снижению экономических затрат [7].

Одной из наиболее важных характеристик эмульсионного и микроэмульсионного топлива является его агрегативная стабильность, то есть способность пребывать в требуемом фазовом состоянии без изменений на структурном уровне, т.е. отсутствуют процессы седиментации и стратификации [8–10]. Основной практической задачей в этом вопросе является обеспечение стабильного состояния эмульсионного и микроэмульсионного топлива в долгосрочной (насколько возможно) перспективе для исключения разделения на фазы при его использовании в двигателях. Одним из возможных путей достижения термодинамической стабильности комплексного топлива является использование микроэмульсий, стабилизированных смесью неионогенного ПАВ и алифатического спирта [8,9]. Однако, они стабильны в определенном

диапазоне температур среды [11,12]. Существует довольно ограниченное количество работ по изучению стабильности эмульсионных и микроэмульсионных топлив, выполненных при варьировании температуры среды в широком диапазоне.

Еще одной важной характеристикой топлива являются реологические свойства, в частности, вязкость. Как известно, вязкость является температурозависимой характеристикой. При этом добавление различных веществ в базовое топливо приводит к изменению вязкости, как и варьирование температуры среды. Таким образом, только наличие эмпирических данных по конкретным многокомпонентным топливам, т.е. значения абсолютной и относительности вязкости топлив, может позволить сравнивать эту характеристику с аналогичной для традиционных дизельных топлив.

Изучение стабильности и вязкости эмульсионных и микроэмульсионных топлив, содержащих низкокипящий компонент (например, воду [13–15]), в условиях изменения температуры среды предполагает, что на микроуровне в жидкости реализуются процессы его парообразования [16,17]. К тому же, вследствие склонности рассматриваемых систем к разделению фаз при воздействии температуры [18] важным является понимание закономерностей и механизмов процесса коагуляции низкокипящего компонента, который протекает параллельно с процессами конвективного испарения или даже зародышевого пузырькового кипения при нагреве.

Целью работы является разработка автоматической системы предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания для обеспечения условий сохранения его однофазного состояния и нормативных (или близких к нормативным) реологических показателей. При этом для обеспечения предварительного подогрева рассматриваемого топлива необходимо изучить закономерности процессов парообразования и коагуляции микрокапель дисперсной фазы в диапазоне температур, свойственных подогреву.

Основными задачами выпускной квалификационной работы являются:

- выбор наиболее перспективного топливного образца на основе анализа свойств и характеристик группы биодизельных микроэмульсионных топлив.
- микроскопическое исследование процесса парообразования тонких пленок данного топливного образца, нагреваемых снизу, для проверки его работоспособности в условиях разрабатываемой топливной системы, оснащенной устройством для предварительного подогрева топлива.
- анализ объекта автоматизации и выбор структуры системы управления.
- разработка необходимой для проектирования системы проектной документации:
 - схема структурная;
 - схема функциональная;
 - заказная спецификация;
 - схема монтажная;
 - схема принципиальная электрическая;
 - перечень элементов;
 - общий вид щита управления.

1 Научно-исследовательская работа

1.1 Теоретическая информация по исследуемым процессам

Для понимания тех процессов, которые могут происходить с топливом при его предварительном нагреве в топливной системе, важно на простом примере изучить закономерности и особенности парообразования и коагуляции низкокипящего компонента в виде микрокапель, окруженных дисперсионной фазой (дизельным топливом), т.е. в составе стабилизированной с использованием ПАВ микроэмульсии типа «вода-в-дизеле». Таким образом, рассматривается тонкая пленка топливной микроэмульсии, нагревая снизу при температурах до точки насыщения низкокипящего компонента, т.е. потенциальных температур, свойственных предварительному подогреву топлива. Предполагается, что при нагреве тонкой пленки микроэмульсии могут происходить следующие процессы с микрокаплями воды: конвективное испарение, интенсивная коагуляция, пузырьковое кипение и комбинированные процессы. Далее будут представлены некоторые теоретические аспекты, касающиеся указанных процессов.

Неустойчивость тонкого слоя жидкости при взаимодействии с нагреваемой поверхностью, обусловленная конвекцией Рэлея-Бенара и визуально выраженная в виде формирования ячеистых структур (ячеек Бенара), обсуждается в ряде современных экспериментальных работ по столкновению капель с твердой нагретой поверхностью [19–21]. Представляют интерес последствия разрушения таких конвективных ячеек. Каждая грань ячейки – это жидкостный мостик, который при критическом растяжении разрушается с формированием мелких вторичных капель жидкости; их еще называют «мостиковые капли». Таким образом, формирование таких структур и, более того, наличие их большого количества способствует появлению многочисленных мелкодисперсных капель в процессе соударения первичных капель с нагретой поверхностью. Безусловно, в отношении, например, интенсификации теплообмена реализация такого явления имеет колоссальный положительный эффект [19–21]

Описанный эффект [19–21] берет свое начало из исследований естественной конвекции в тонких горизонтальных пленках жидкости, нагреваемых снизу [22,23]. По данному вопросу хорошо изученными считаются основные типы структур конвективных течений и формы ячеек Бенара (двумерные валы, трехмерные шестиугольные ячейки). В отношении, например, шестиугольных ячеек первой экспериментальной работой является [24]. В этой работе продемонстрирована роль поверхностного натяжения в формировании такого типа ячеек. Таким образом, рассматриваемое явление также связано с термокапиллярным эффектом или конвекцией Бенара-Марангони, который подробно изложен в [23]. Существует работа, в которой рассматривается совместное действие термогравитационной и термокапиллярной неустойчивостей [25]. Установлено, что по мере увеличения разницы между температурами стенки и жидкости начинает преобладать рэлеевский механизм. Обсуждаемые явления и механизмы сильно зависят от физических (вязкость [26] и коэффициент расширения [27]) и теплофизических (теплопроводность, теплоемкость) характеристик среды, которые в свою очередь являются температурозависимыми в большей или меньшей степени, определяемой природой жидкости (-ей).

На данный момент в литературе не встречается детализация указанных эффектов в отношении капель и пленок двухкомпонентных (жидкость-жидкость, жидкость-газ, жидкость-твердые частицы) и многокомпонентных жидкостей [21,28–31].

Интенсивная коагуляция низкокипящего компонента является одним из триггеров разделения на фазы эмульсионных и микроэмульсионных составов [2,18], т.е. их дестабилизации. Однако, существует ограниченное количество информации об этом процессе в условиях варьирования температуры среды, в которой термостатируется рассматриваемое топливо. В целом, при разработке микроэмульсионных топлив неполно изучены вопросы их стабильности в условиях изменяющихся внешних факторов, в первую очередь – температуры [8]. В тоже время хорошо известно, что микроэмульсии, особенно

стабилизированные неионогенными ПАВ, чрезвычайно чувствительны к температурному воздействию [18]. Кроме того, в литературе не встречаются работы, в которых изучается процесс коагуляции микрокапель низкокипящего компонента эмульсий/микроэмульсий при температурах, близких к точке насыщения низкокипящего компонента и характерных для выполнения его пузырькового кипения. Последнее является для однородных жидкостей темой, исследуемой уже давно и довольно продуктивно [32–34]. Однако, для многокомпонентных неоднородных и структурированных капельных жидкостей этот вопрос только в последние годы активно исследуется и во многом выражен в попытках установить механизмы быстропротекающих эффектов, вызванных интенсивным пузырьковым кипением [6,35–37].

В настоящей работе в качестве экспериментального аспекта будет выполнено микроскопическое исследование закономерностей и особенностей процессов парообразования и коагуляции низкокипящего компонента тонких пленок топливной микроэмульсии, нагреваемых снизу, с применением оптического бесконтактного метода для визуализации рассматриваемых процессов в жидкости.

1.2 Экспериментальный стенд и процедура опытов

Для приготовления микроэмульсионных топлив использовались следующие компоненты: дизельное топливо ДТ (EURO, класс 3, тип I-III (зимнее) по ГОСТ Р 52368–2005); метиловые эфиры жирных кислот рапсового масла, МЭРМ, биодизель, (класс Б, ООО «Вега-хим», Россия); дистиллированная вода ДВ с удельной электропроводностью не более 5 мкСм/см; ПАВ – Неонол АФ 9-6, полиэтиленгликолевый эфир (PEG-6) изононилфенола, $C_9H_{19}C_6H_4O(C_2H_4O)_6H$ (техн., ТУ 2483-077-05766801-98, ПАО «Нижекамскнефтехим», Россия); со-ПАВ – 2-этилгексанол (техн., ГОСТ 26624-2016, АО «Сибур-Химпром», Россия). В работе смесь ПАВ и со-ПАВ представлена термином «эмульгатор». В таблице 1.1 приведены свойства

дизельного топлива, в таблице 1.2 – свойства метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла.

Таблица 1.1 – Свойства дизельного топлива

Параметр	Значения
1. Плотность при 25 °С, кг/м ³	830
2. Кинематическая вязкость, м ² /с·10 ⁶ , при 25 °С	2,780
3. Температура вспышки в закрытом тигле, °С	60
4. Температура помутнения, °С	-21

Таблица 1.2 – Свойства метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла

Параметр	Значения
1. Плотность при 25 °С, кг/м ³	870
2. Температура кипения, °С, не менее	300
3. Температура застывания, °С, не более	-10
4. Кислотное число, мг КОН/г	1,0
5. Эфирное число, мг КОН/г	180,5

Для микроскопических измерений характеристик дисперсной фазы пленок топливных микроэмульсий приготовлены пять составов с различным объемным соотношением ДТ/ДВ (дизельное топливо/дистиллированная вода), а также с различной концентрацией смеси неионогенного поверхностно активного вещества (ПАВ) и алифатического спирта (со-ПАВ). Смесь ДТ и МЭРМ представляло углеводородную часть топливной микроэмульсии; объемное соотношение ДТ/МЭРМ также варьировалось. Образцы готовили смешением

компонентов в стеклянных пробирках. Компонентный состав топливных микроэмульсий приведен в Таблице 1.3 в виде объемных концентраций, % об.; их физические свойства – в Таблице 1.4.

Таблица 1.3 – Компонентный состав рассмотренных в работе топливных микроэмульсий

Маркировка	ПАВ	ДВ	Зимнее ДТ	МЭРМ
МЭ-1	20 % об.	16 % об.	44,8 % об.	19,2 % об.
МЭ-2	20 % об.	40 % об.	28 % об.	12 % об.
МЭ-3	30 % об.	7 % об.	56,7 % об.	6,3 % об.
МЭ-4	40 % об.	12 % об.	43,2 % об.	4,8 % об.
МЭ-5	30 % об.	14 % об.	39,2 % об.	16,8 % об.

Таблица 1.4 – Физические свойства и точки помутнения рассмотренных в работе топливных микроэмульсий

Маркировка	Плотность при 25 °С (кг/м ³)	Вязкость при 25 °С (мм ² /с)	T_1 (°С)	T_2 (°С)
МЭ-1	911,76	42,78	18,9	38,3
МЭ-2	858,48	157,63	12,8	23,3
МЭ-3	-	25,61	-17,9	64,4
МЭ-4	-	56,49	-8	60,1
МЭ-5	919,12	54,12	5,8	47,5

Проведены испытания на стабильность данных микроэмульсий методом длительного термостатирования. Испытания проводились с использованием термостата жидкостного низкотемпературного Termex КРИО-ВИС-Т-06-01 (рабочая жидкость термостата – смесь пропиленгликоля с водой в соотношении 50/50). Точность поддержания температуры составляет ± 0.1 %. Образцы микроэмульсий помещали в стеклянные пробирки, которые погружали в ванну термостата и выдерживали при заданной температуре не менее 12 часов. Такое

время термостатирования выбрано для того, чтобы повысить точность определения фазовых состояний. Чем дольше исследуемый образец находится при одной температуре, тем меньше была разница между температурами слоев жидкости внутри пробирки. Время термостатирования выявлено экспериментальным путем. После длительной выдержки проводилось измерение температуры образцов микроэмульсий при помощи электронных лабораторных термометров ЛТ-300, затем исследуемые образцы вынимали из ванны термостата. Точность измерения температуры составляет ± 0.1 °С. Проводилась фотосъемка образцов и визуально анализировалось их фазовое состояние (определение количества фаз). Для каждого образца измерялись две температуры помутнения: верхняя (T_1) и нижняя (T_2), ограничивающие температурную область однофазного состояния микроэмульсии. Подробная информация по методике измерения T_1 и T_2 приведена в [8,9].

Измерение динамической вязкости образцов топливных микроэмульсий проводилось в диапазоне температур соответствующих однофазной области микроэмульсии с использованием ротационного вискозиметра Brookfield DV3T, криостата Termex КРИОВИС Т-06-01 (рабочая жидкость – смесь пропиленгликоля и дистиллированной воды в соотношении 1 к 1, диапазон рабочих температур $-30...+100$ °С, точность поддержания температуры ± 0.02 °С) и электронных лабораторных термометров Termex ЛТ-300 (диапазон измерения $-50...+300$ °С). Каждое измерение вязкости образца при заданной температуре составляло 7 минут. Это время включало процесс термостатирования при непрерывном перемешивании и проведение измерения.

Для проведения микроскопических измерений использовался экспериментальный стенд, представленный на Рисунке 1.1.

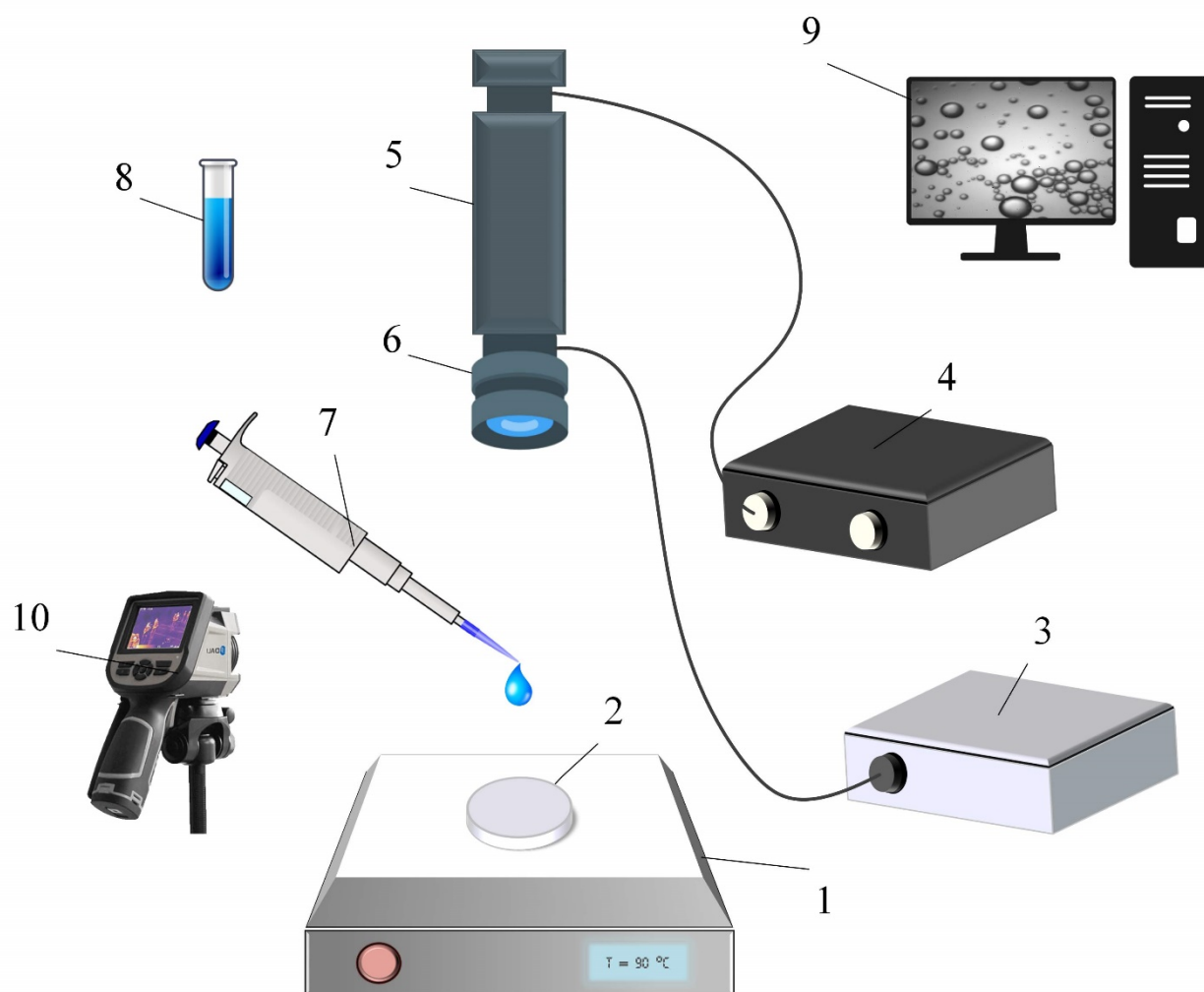


Рисунок 1.1 – Экспериментальная установка: 1 – нагревательная плита; 2 – сапфировая подложка; 3 – источник видимого света; 4 – синхронизатор ПК и кросс-корреляционной камеры; 5 – кросс-корреляционная камера; 6 – микролинза; 7 – электронный дозатор; 8 – исследуемый образец топлива; 9 – персональный компьютер; 10 – тепловизор

На стеклокерамической поверхности нагревательной плиты 1 (с плавной регулировкой температуры, шаг 5 °C, диапазон температур нагрева 40...500 °C) под микролинзой 6 располагалась сапфировая подложка толщиной 5 мм и диаметром около 30 мм, освещаемая источником видимого света 3. На подложку электронным дозатором 7 опускалась капля исследуемого образца топлива 8 объемом 10 мкл во всех проведенных опытах. На регуляторе температуры плиты 1 задавалась температура нагрева от 70 до 150 °C; при этом температура поверхности подложки составляла 60...110 °C. Последняя непрерывно

отслеживалась с использованием тепловизора 10 (модель Testo 885-2) при предустановленной степени черноты сапфирового стекла 0,92. Регистрация процессов, происходящих с дисперсной фазой микроэмульсии при нагреве, проводилась с использованием кросс-корреляционной камеры, оснащенной микрообъективом Navitar. Данные с камеры отображались в программном обеспечении ActualFlow. Размер изображения в области регистрации составлял $0,86 \times 0,86$ мм. Определялось полное время испарения дисперсной фазы топливных микроэмульсий в области регистрации, а также рассчитывались ее удельные скорости испарения.

В программном обеспечении ImageJ проводилась обработка изображений пленок микроэмульсий (их дисперсной фазы). По результатам обработки в области регистрации определялись средний максимальный диаметр капель дисперсной фазы и их количество (N).

1.3 Результаты и обсуждение

В ходе проведения опытов установлены два типа поведения дисперсной фазы при нагреве.

В составе МЭ-2 наблюдалась коагуляция капель дисперсной фазы до размеров вплоть до нескольких сотен микрон (Рисунок 1.2б). Аналогичные процессы испарения дисперсной фазы происходили в составе МЭ-1 при температуре поверхности подложки до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. При дальнейшем росте температуры поверхности подложки состав МЭ-1 с меньшей долей воды характеризовался исключением масштабной коагуляции капель, т.е. в основном происходило конвективное испарение без укрупнения капель (Рисунок 1.2а). В составах МЭ-3, МЭ-4 и МЭ-5 во всем диапазоне температур поверхности подложки наблюдалось исключительно конвективное испарение. Визуально процесс похож на конвекцию Рэлея-Бенара с выраженным формированием ячеистой структуры из капель дисперсной фазы. При этом в окрестностях границы капли микроэмульсии хорошо визуализируются турбулентные конвективные токи, захватывающие со временем часть ячеистых структур.

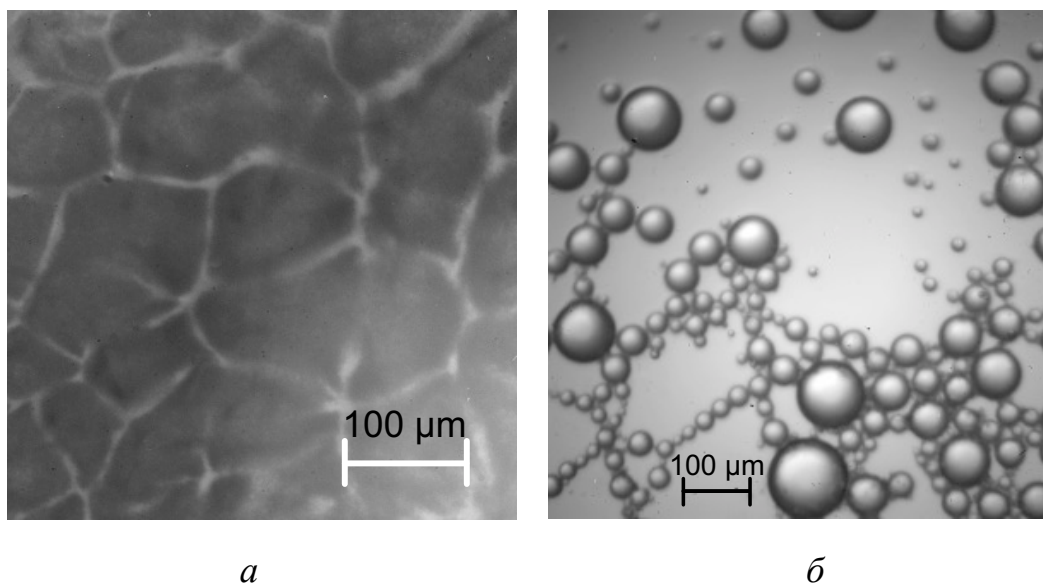


Рисунок 1.2 – Конвективные ячейки Рэлея-Бенара при испарении состава МЭ-1 (а) и процесс интенсивной коагуляции дисперсной фазы в составе МЭ-2 (б)

Причины существования каждого из типов поведения возможно связаны с изменением физических свойств образцов микроэмульсий (Таблица 1.4) из-за существенных различий в концентрации дисперсной фазы. При высокой вязкости процесс коагуляции может начать доминировать из-за сильного снижения скорости турбулентного движения жидкостных масс вследствие вынужденной конвекции в окрестностях границы *капля-стенка-воздух*. Таким образом, в данном случае можно говорить о подавлении силами вязкости конвективных течений на этой границе.

Установлено, что тип поведения также зависит от значений верхней точки помутнения T_1 . В случае, когда точка помутнения составляла около 60 °С, то всегда реализовывалось исключительно конвективное испарение. Таким образом, наиболее стабильные составы не склонны к коагуляции и пузырьковому кипению даже при температурах, близких к точке насыщения воды в нормальных условиях.

На Рисунке 1.3 приведены времена микроскопического испарения дисперсной фазы рассматриваемых микроэмульсий. Полученные значения

времени уменьшаются при увеличении температуры нагрева. При этом, можно заметить, что для составов МЭ-1 и МЭ-2, в которых частично или полностью наблюдалась коагуляция, характерно существенно нелинейное уменьшение времени испарения. Для остальных составов полное время испарения дисперсной фазы снижается при увеличении температуры поверхности подложки (нагрева) практически линейно. Эмпирические выражения, описывающие снижение значений времени испарения, в виде полиномов второй степени приведены на Рисунке 1.3.

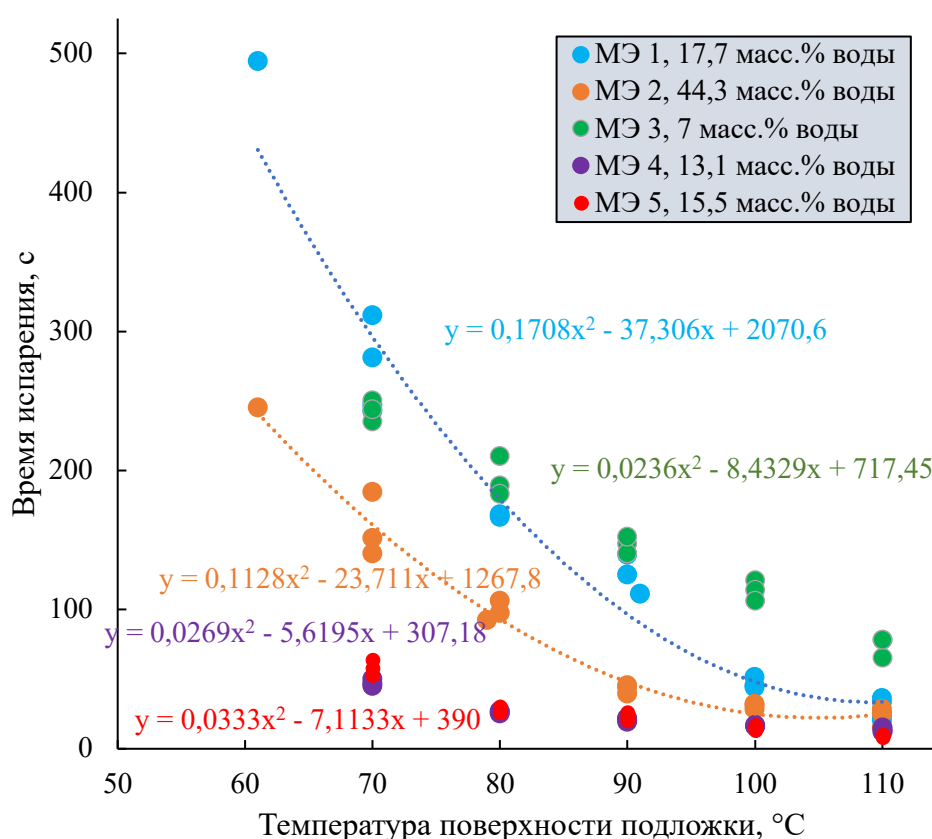


Рисунок 1.3 – Полное время микроскопического испарения дисперсной фазы биодизельных микроэмульсий в зависимости от температуры поверхности подложки

На Рисунке 1.4 представлены эмпирические кривые для рассчитанных значений удельной скорости испарения дисперсной фазы биодизельных микроэмульсий. Значения скорости испарения нелинейно увеличиваются.

Отмечается, что скорость испарения дисперсной фазы во многом зависит от суммарной концентрации ПАВ и дистиллированной воды. При этом чем она больше, тем выше удельная скорость испарения. Соответствующие эмпирические формулы в виде полиномов второй степени приведены на Рисунке 1.4 рядом с аппроксимирующими кривыми.

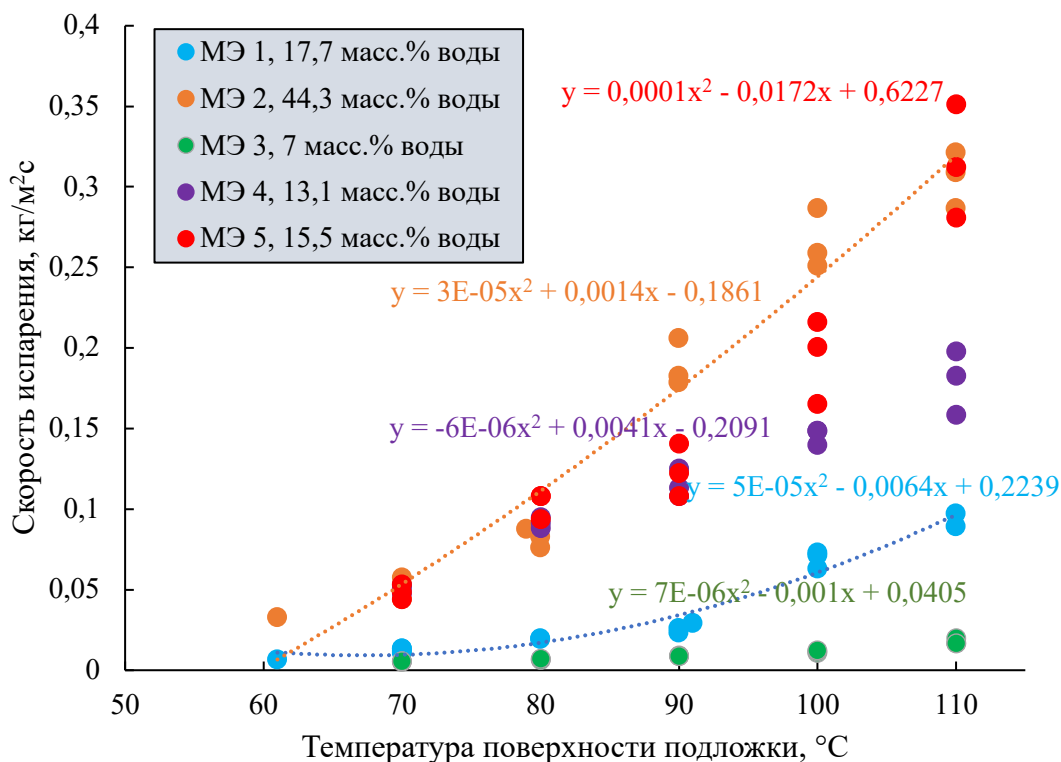


Рисунок 1.4 – Удельная скорость микроскопического испарения дисперсной фазы биодизельных микроэмульсий в зависимости от температуры поверхности подложки

Наиболее наглядно зависимость удельной (средней) скорости микроскопического испарения дисперсной фазы для каждой биодизельной микроэмульсии от суммарной объемной концентрации эмульгатора и дистиллированной воды представлена на Рисунке 1.5.

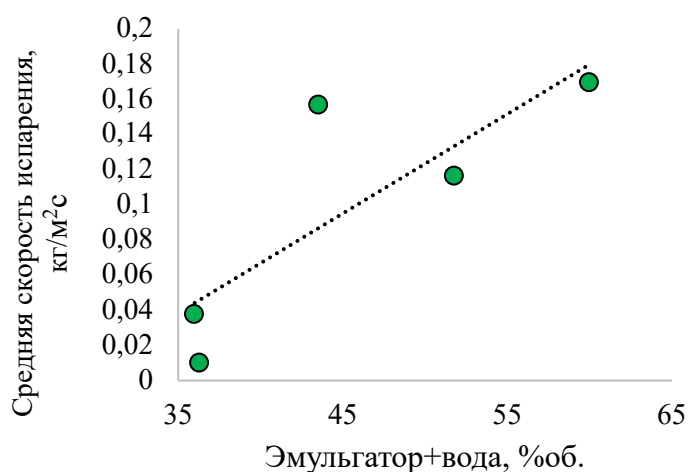


Рисунок 1.5 – Средняя скорость микроскопического испарения дисперсной фазы биодизельных микроэмульсий в зависимости от суммарной концентрации эмульгатора и дистиллированной воды

Выявлено, что скорость испарения дисперсной фазы также зависит от кинематической вязкости микроэмульсии (Рисунок 1.6). При увеличении вязкости скорость испарения возрастает.

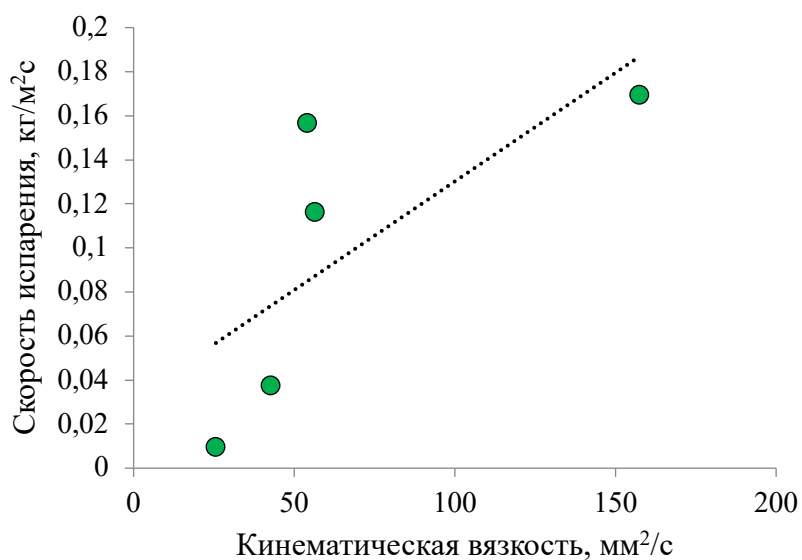
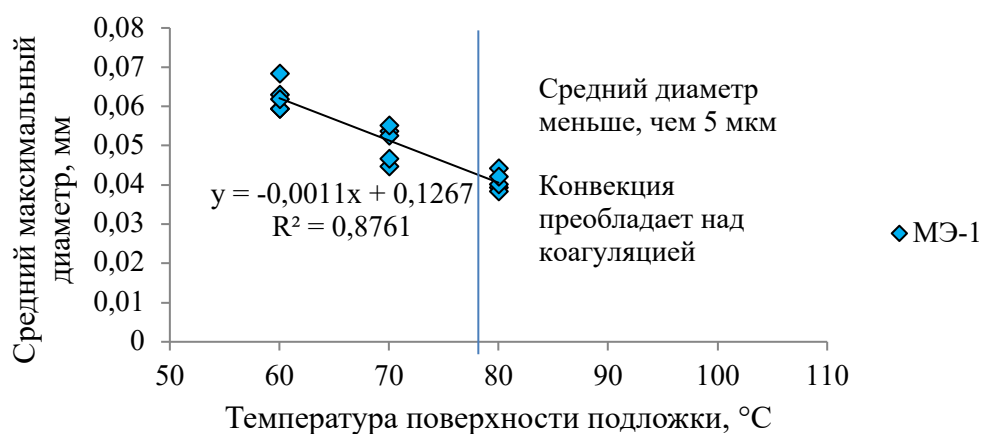


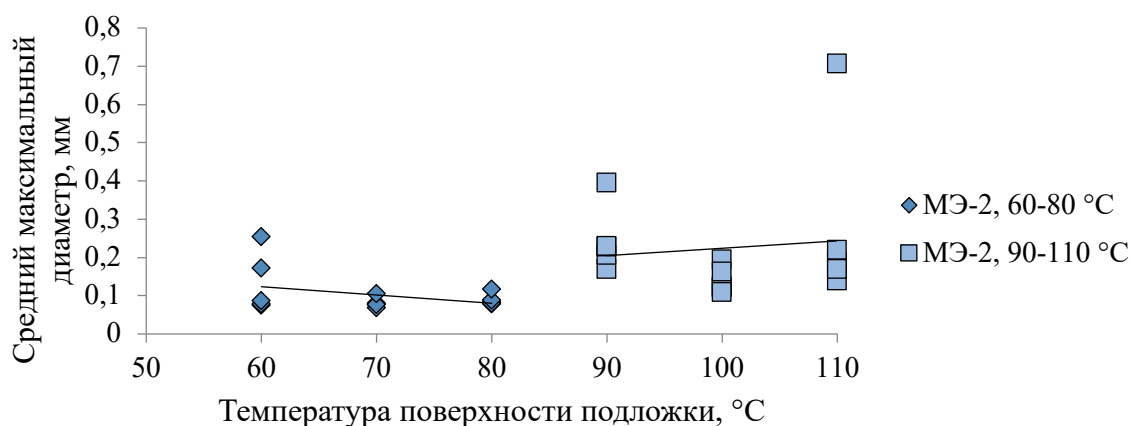
Рисунок 1.6 – Средняя скорость микроскопического испарения дисперсной фазы биодизельных микроэмульсий в зависимости от значений их кинематической вязкости

Отдельной задачей при изучении процессов испарения и коагуляции дисперсной фазы биодизельных микроэмульсий являлось измерение количественных характеристик, например, количества и среднего диаметра укрупненных до микрометрового масштаба капель дисперсной фазы (для тех образцов, где наблюдалась коагуляция, то есть МЭ-1 и МЭ-2).

На Рисунке 1.7а показано, что средний максимальный диаметр капель дисперсной фазы МЭ-1 уменьшается линейно при увеличении температуры поверхности подложки. Соответствующее эмпирическое выражение представлено рядом с аппроксимирующей кривой.



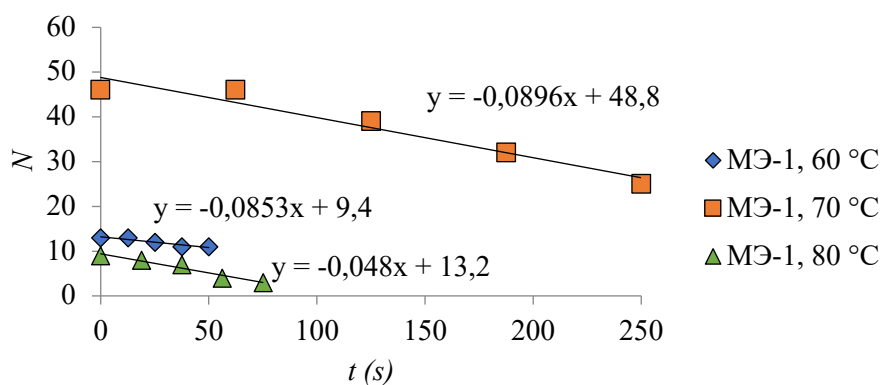
а



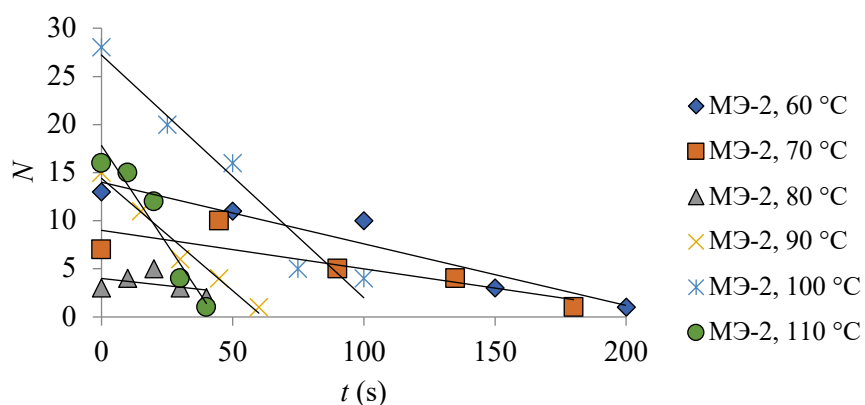
б

Рисунок 1.7 – Средний максимальный диаметр капель дисперсной фазы биодизельных микроэмульсий МЭ-1 (а) и МЭ-2 (б) в зависимости от температуры поверхности подложки

При температуре выше 80 °С, как отмечалось ранее, процесс коагуляции подавлялся конвективным испарением – крупные (более 5 мкм) поддающиеся анализу фрагменты дисперсной фазы не формировались. На Рисунке 1.7б видно, что при температурах поверхности подложки ниже 80 °С средний максимальный диаметр капель дисперсной фазы МЭ-2 также линейно уменьшается при с ростом температуры. Однако, при увеличении температуры выше 80 °С происходит укрупнение фрагментов примерно в 2 раза. Это может быть связано с тем, что при температурах, близких к температуре кипения воды, коагуляция происходила более активно, т.е. возможно наблюдались признаки инициирования процесса пузырькового кипения.



а



б

Рисунок 1.8 – Изменение количества крупных фрагментов дисперсной фазы МЭ-1 (а) и МЭ-2 (б), сформированных вследствие коагуляции при нагреве, с течением времени

Кроме того, установлено, что с течением времени количество крупных фрагментов дисперсной фазы, сформированных вследствие коагуляции, линейно уменьшается (Рисунок 1.8). Причем, на Рисунке 1.8б показано, что при температурах выше 80 °С этот процесс протекает более интенсивно (более резкий наклон аппроксимирующих кривых).

На основе анализа свойств составов и характеристик парообразования дисперсной фазы тонких пленок биодизельных микроэмульсионных топлив выбран наиболее перспективный топливный образец – МЭ-3. Данный образец имеет один из наиболее широких диапазонов термодинамической стабильности – от -17,9 °С до 64,4 °С.

Одним из наиболее важных факторов, на которые следовало обратить внимание при выборе перспективного образца, являлся тип поведения дисперсной фазы топливных микроэмульсий при нагреве. Как было указано ранее, к коагуляции и пузырьковому кипению были склонны менее стабильные составы, т.е. с относительно низкой T_1 . Для состава МЭ-3 было характерно конвективное испарение дисперсной фазы, что по существу косвенно подтверждает высокую стабильность данной топливной микроэмульсии (по крайней мере при положительных температурах среды). Также для топливной системы существенную роль играет скорость испарения топлива. Важно, чтобы низкокипящий компонент топливной микроэмульсии испарялся как можно медленнее, чтобы избежать критического нагнетания давления паров в топливном баке и топливоподающем трубопроводе. Состав МЭ-3 имеет самую низкую удельную скорость испарения дисперсной фазы (Рисунок 1.4).

2 Разработка АСУ предварительным подогревом микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания

Рассматриваемая топливная система предназначена для грузового, судоходного и железнодорожного транспорта, а также сельхозтехники.

В настоящей работе используется альтернативное микроэмульсионное топливо. Такое топливо имеет ряд преимуществ по сравнению с дизельным топливом, в основном в отношении улучшенных экологических показателей [11,38,39].

Микроэмульсии имеют ряд свойств, которые необходимо учитывать и контролировать для корректной и бесперебойной работы топливной системы. Микроэмульсии имеют диапазон температур термодинамической стабильности, выход за пределы которого приводит к расслоению микроэмульсии (дестабилизации с изменением фазового состояния – Рисунок 2.1), что делает невозможным ее дальнейшее использование в качестве топлива. От температуры среды зависят также реологические свойства микроэмульсионного топлива – с понижением температуры увеличивается вязкость микроэмульсии, затрудняя подачу топлива в камеру сгорания двигателя.

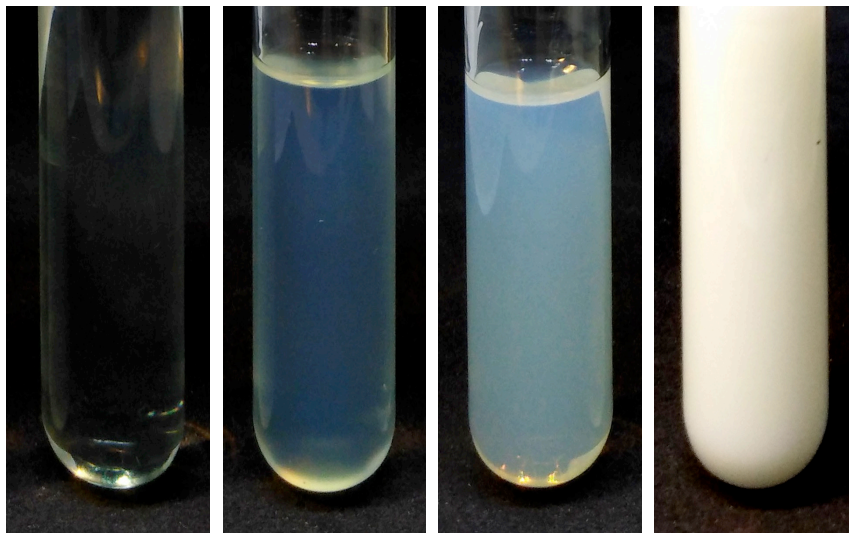


Рисунок 2.1 – Дестабилизация микроэмульсии с изменением фазовых состояний

Одним из решений данных проблем является установка в топливном баке подогреваемого топливозаборника, который позволит регулировать температуру топлива непосредственно на выходе из топливного бака.

Объектом автоматизации в данной работе является подогреваемый топливозаборник ТП-200, изготовленный компанией «НОМАКОН» (Рисунок 2.2) [40]. В таблице 2.1 представлены технические характеристики топливозаборника.



Рисунок 2.2 – Внешний вид топливозаборника ТП-200

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики топливозаборника ТП-200

Параметры	Характеристики
Напряжение питания постоянного тока, В	12/24
Сопротивление электрического нагревателя, Ом	2,2/4,7
Максимальный ток при включении, А, не более	10/7,5
Номинальная электрическая мощность	70/100
Максимальный расход дизельного топлива, л/ч	420
Оболочка топливного заборника	
– для части, входящей в контакт с дизтопливом внутри бака, не ниже	IP68
– для наружной части топливозаборника, не ниже	IP67

Предпусковой подогрев микроэмульсионного топлива осуществляется электрическим нагревателем, работающим от аккумуляторных батарей (бортовой сети). Конструкция данного топливозаборника гарантирует максимальный тепловой КПД при работающем двигателе. Механизм теплообмена реализован таким образом, что за время перемещения топлива к верхней части топливозаборника, его температура увеличивается на 30...50 °С в зависимости от длины заборника [40]. Ввиду высокой теплоемкости топлива, этого достаточно, чтобы отказаться от дополнительных подогревателей по всей длине топливной магистрали.

2.1 Разработка структуры автоматической системы управления

Система автоматического управления может состоять из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы). В рамках данной работы применяется система управления температурой микроэмульсионного топлива, строящаяся по трехуровневому иерархическому принципу.

На нижнем уровне находятся датчики, показывающие приборы и первичные средства измерения, а также исполнительные механизмы и органы местного управления. Функцией нижнего уровня является контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью; преобразование измеренных параметров в унифицированные электрические сигналы; контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров.

На структурной схеме изображен топливный бак (ТБ) с подогреваемым топливозаборником. С помощью топливного насоса высокого давления (ТНВД) топливо перекачивается в камеру сгорания. Расходом топлива управляет регулирующий клапан (РК). В топливном баке измеряются такие параметры, как температура топлива, уровень топлива и давление в баке. Подогреваемый топливозаборник соединен с блоком управления (БУ), с помощью которого будет осуществляться управление температурой микроэмульсионного топлива в

баке. На выходе из топливного бака измеряются температура топлива и давление. После регулирующего клапана, который создает дросселирование, еще раз измеряются температура топлива и давление, а также расход топлива. Осуществляется управление включением/отключением насоса, и подогревателя, а также закрытием/открытием клапана.

На среднем уровне расположен щит управления, внутри которого находится программируемый логический контроллер (ПЛК). ПЛК обеспечивает сбор информации, поступающей с датчиков и первичных преобразователей, и формирует команды для исполнительных механизмов. На среднем уровне выполняется сбор и первичная обработка технологической информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей, а также передача информации на верхний уровень.

На верхнем уровне осуществляется сбор информации о ходе технологического процесса; внутренняя обработка и хранение информации, формирование базы данных; передача на нижний уровень управляющих воздействий для поддержания заданных технологических режимов и уставок.

Технические требования к проектируемой системе:

1. Обеспечение достоверного непрерывного контроля и учета контролируемых параметров;
2. Контроль за соблюдением нормативов допустимых значений температуры топлива ($-20 \dots 50$ °C) для обеспечения условий сохранения его однофазного состояния;
3. Построение системы на базе современной микропроцессорной техники, работающей в режиме реального времени.

Структурная схема автоматической системы предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания, разработанная в данной работе, представлена на листе ФЮРА.421000.013 С1.

2.2 Разработка функциональной схемы АСУ

На функциональной схеме условными графическими обозначениями изображено технологическое оборудование и трубопроводы. Показывается взаимодействие технологического оборудования и элементов автоматики, а также связи между элементами автоматизации.

В верхней части листа изображена технологическая схема, на которой определены местоположения точек контроля, измерительных преобразователей, а также нумерация измерительных и управляющих каналов.

На технологической схеме определяются измерительные каналы (1...8, 12) и каналы управления (9...11). Для измерения температуры в топливном баке, а также до и после регулирующего органа используются каналы 1...3 соответственно. Для измерения давления в этих же точках используются каналы 4...6. Канал 7 предназначен для измерения расхода топлива, а канал 8 для измерения уровня топлива в баке.

С помощью каналов 9 и 10 формируются дискретные сигналы для включения подогреваемого топливозаборника и насоса соответственно. Канал 11 предназначен для регулирования расхода топлива посредством изменения положения клапана. С помощью канала 12 контроллер получает информацию о положении выходного вала исполнительного механизма.

Линии связи, выведенные от первичных измерительных преобразователей, регулирующих органов и исполнительных механизмов, идут к щиту управления, включающему в свой состав контроллер. От контроллера информация в режиме реального времени передается на верхний уровень, т.е. на автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала, который следит за технологическим процессом.

Функциональная схема автоматической системы предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания, разработанная в данной работе, представлена на листе ФЮРА.421000.013 С2.

2.3 Выбор технических средств и составление спецификации

При проектировании автоматических систем управления одним из основных этапов является выбор технических средств автоматизации. Основными критериями данного выбора являются доступность и надежность рассматриваемых устройств. Также важно, чтобы технические средства были унифицированы и однотипны, что обеспечит простоту работы системы. Важно учитывать габаритные размеры устройств, чтобы избежать громоздкости. Необходимо также ограничиться минимальным набором технических средств, выполняющим требуемые функции.

Выбирая первичные измерительные преобразователи, стоит обращать особое внимание на диапазон измерений, в который должны попадать предельные значения измеряемых параметров.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации системы управления представлена на листе ФЮРА.421000.013 3С.

2.3.1 Выбор датчиков температуры

В разработанной автоматической системе управления предварительным подогревом микроэмульсионного топлива регистрируется температура топлива в топливном баке, а также температура топлива до и после регулирующего органа. Основное требование к датчикам температуры – надежное измерение температуры в диапазоне $-20...50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Превышение верхнего предела данного диапазона может привести к дестабилизации микроэмульсионного топлива.

Выберем датчик типа Метран-274-Exd (длина монтажной части составляет 120 мм). Данный датчик имеет унифицированный токовый выходной сигнал $4...20\text{ mA}$ и диапазон измерений $-50...50\text{ }^{\circ}\text{C}$ [41].

Для разработанной автоматической системы выберем 3 термоэлектрических преобразователя типа Метран-274-Exd.

2.3.2 Выбор датчиков давления

Для измерения избыточного давления необходимо установить датчик давления в топливном баке, а также датчик давления до и после регулирующего органа. При повышении температуры начинается процесс испарения воды из микроэмульсионного топлива, что может вызвать нагнетание избыточного давления.

Выберем датчик типа Метран-55-ДИ с диапазоном измерений давления от 0 до 0,25 МПа и унифицированным выходным сигналом 4...20 мА [42].

Для данной системы выберем 3 датчика давления типа Метран-55-ДИ.

2.3.3 Выбор датчика расхода

Для измерения расхода топлива необходимо установить расходомер в магистрали подачи топлива перед камерой сгорания. Существует несколько типов расходомеров, отличающихся по принципу действия, например, электромагнитные, ультразвуковые расходомеры, а также расходомеры переменного или постоянного перепада давления. В настоящей работе рассматриваются расходомеры переменного перепада давления, поскольку они являются наиболее точными и недорогими.

Выберем датчик разности давлений типа Метран-150CD с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА и диапазоном измеряемых давлений от 0 до 250 кПа [43].

Использование расходомера переменного перепада давления подразумевает наличие сужающего устройства в трубопроводе. Выберем в качестве СУ диафрагму фланцевую камерную.

2.3.4 Выбор датчика уровня

Для измерения уровня в топливном баке необходимо установить в нем уровнемер. Условная высота топливного бака 60 см.

Выберем поплавковый датчик типа Овен ПДУ-И.750.5.EXD с диапазоном измерений до 750 мм и унифицированным выходным сигналом 4...20 мА [44].

2.3.5 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм – это устройство, предназначенное для преобразования сигнала регулятора в перемещение регулирующего органа. Существует несколько типов ИМ: МЭО – однооборотный, МЭОФ – однооборотный фланцевый, МЭП – прямоходный постоянной скорости, МЭПК – прямоходный кривошипный постоянной скорости. При выборе типа ИМ следует руководствоваться видом регулирующего органа и крутящего момента. В настоящей работе предлагается использование запорно-регулирующего крана (МЭО), управляющего интенсивностью потока топлива.

Максимальный крутящий момент МЭО вычисляется по формуле:

$$M_{max} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 40 - 338 = 6,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где D_y – условный диаметр трубопровода, мм.

Причем, $M_{max} < M_H$, где M_H – номинальный крутящий момент на выходном валу исполнительного механизма, Н · м.

Выберем ИМ типа МЭО-16/10-0,25У-15, электроисполнительный однооборотный механизм с номинальным значением момента на выходном валу 16 Н · м, номинальное значение времени полного хода 10 с [45].

Для бесконтактного управления электрическим исполнительным механизмом МЭО предназначен пускатель. Выберем пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3.

2.3.6 Выбор регулирующего устройства

Средний уровень автоматической системы выполнен с использованием регулирующего устройства, в качестве которого используется микропроцессорный контроллер. В данной работе рассматриваются три контроллера, находящихся в одном ценовом диапазоне: Элсима-М01, ПЛК-73 и SIMATIC S7-200 (Табл. 2.2).

1) ПЛК Элсима-М01 производства АО «ЭлеСи» – имеет открытую архитектуру, и поддерживают стандартные промышленные протоколы и

интерфейсы, имеет совместимость контроллера на программном и аппаратном уровне с датчиками и ИМ различных производителей. Предназначен для работы в малых системах автоматизации [46].

2) ОВЕН ПЛК–73 производства ООО «ОВЕН». Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК–73 – полностью программируемый контроллер предназначен для решения простых задач автоматизации. Сферы применения контроллера – ЖКХ, модернизация центральных тепловых пунктов и индивидуальных тепловых пунктов, котельные [47].

3) Микроконтроллеры SIMATIC S7-200 чаще всего применяются для решения задач управления и регулирования в небольших системах автоматизации. SIMATIC S7-200 позволяет создавать как автономные системы управления, так и системы управления, работающие в общей информационной сети. [48].

Таблица 2.2 – Технические характеристики сравниваемых контроллеров

Параметры	Элсима-M01	ПЛК-73	S7-200
Центральный процессор	Cortex ARM8	32-разрядный RISC процессор	CPU221
Напряжение питания от источника постоянного тока, В	20...28	От 90 до 245	24
Потребляемая мощность, Вт, не более	7	12	-
Рабочая температура, °C	0...60	-15...55	0...55
Параметры	Элсима-M01	ПЛК-73	S7-200
Атмосферное давление, кПа	84...106,7	84... 106,7	84...106,7
Средний срок службы, лет, не менее	12	7	-
Дискретные входы	20	8	8
Дискретные выходы:	Тип «Открытый коллектор» - 4 Тип «Реле» - 2	8	6
Аналоговые входы	4	8	0

Продолжение таблицы 2.2

Параметры	Элсима-M01	ПЛК-73	S7-200
Интерфейсы	RS-485, Ethernet	RS-232, RS-485	RS-485
Протоколы	Modbus RTU, Modbus TCP/IP, IEC	OБEH, MODBUS PRU, MODBUS PRU ASCII, GateWay (протокол CoDeSys)	Modbus RTU, Modbus MPI, Modbus USS
Цена, руб	От 17000	От 15000	От 15000

В данной работе выбран программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК-73. Данный контроллер имеет необходимое количество входов и выходов, что позволит избежать подключения удаленного модуля ввода-вывода, а значит, является более экономически выгодным вариантом. К тому же, ПЛК-73 способен работать при отрицательных температурах окружающего воздуха в отличие от рассматриваемых конкурентов.

2.4 Разработка монтажной схемы

На схемах внешних электрических и трубных проводок изображают прокладываемые вне щитов электрические провода, кабели, прокладываемые вне щитов управления, и металлорукава с указанием их номера, типа (марок) и длины. На схемах в виде условных обозначений изображаются:

- первичные преобразователи, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы;
- приборы и технические средства автоматизации, расположенные вне щитов и пультов;
- вспомогательные устройства, например, соединительные коробки;

В верхней части схемы расположена таблица с обозначениями измеряемых параметров, мест расположения и позиционного обозначения измерительных приборов. Ниже расположены условно изображенные датчики, от которых отходят кабели, обозначенные на чертеже линиями, прописано название кабеля, его сечение и количество жил, а также протяженность. Линии, проведенные от датчиков, соединены с прямоугольником, обозначающим шкаф

автоматизации. Условно изображены и пронумерованы клеммы, к которым подходят линии от датчиков. В правой части чертежа расположены устройства и механизмы, предназначенные непосредственно для регулирования технологического параметра, путем подачи на них дискретных сигналов. Также проведены линии до шкафа автоматизации, обозначающие кабели, прописаны их характеристики.

Для электропроводок систем автоматизации применяются изолированные провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами.

Выбор марок проводов и кабелей для электропроводки АСУ проводим в соответствии с рекомендациями [49]. Характеристики кабелей и выбранных проводов представлены в таблице 2.3 [50].

Таблица 2.3 – Характеристики выбранных проводов

№ линии	Марка	Кол-во жил	Номинальное сечение, мм ²
1-8, 10, 11, 13, 14, 16-18	КРВГ	4	1
23, 24	КРВГ	10	1
21	КРВГ	20	1
9, 12, 15, 19, 20	АКРВБГ	4	2,5
22	АКРВБГ	10	2,5

Монтажная схема соединений внешних проводок проектируемой системы представлена на листе ФЮРА.421000.013 С4.

2.5 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Полный состав приборов и средств автоматизации, используемый в составе системы регулирования отражает принципиальная электрическая схема.

На принципиальной электрической схеме изображаются все устройства и элементы, входящие в систему, а также соединения между ними. Технические устройства изображаются в виде прямоугольников, элементы – в виде условных графических изображений. Около обозначений устройств и элементов

указываются позиционные обозначения. Проводам, жгутам, кабелям на схеме присваиваются порядковые номера.

Для разработки принципиальной электрической схемы необходимо выполнить ряд действий:

- 1) нанести на схему технические средства автоматизации с соответствующими стандартами;
- 2) произвести соединение проводок с клеммами устройств по требованиям завода изготовителя оборудования;
- 3) произвести нумерацию проводников.

Линии связи должны состоять только из вертикальных и горизонтальных отрезков и не иметь пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями не должно быть меньше 5 мм.

Схема соединений представлена на листе ФЮРА.421000.013 Э4.

2.6 Разработка общего вида щита управления

Схема общего вида щита управления поясняет принцип его работы, показывает его конструкцию и взаимодействие его частей.

В шкафах систем автоматизации размещаются контрольно-измерительные приборы, сигнальные устройства, средства контроля и управления технологическим процессом, аппаратура управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи. Шкафы систем автоматизации устанавливают в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д. Исходные материалы для проектирования общих видов:

- 1) функциональные схемы систем автоматизации;
- 2) принципиальные схемы электрические, пневматические автоматического регулирования, управления и сигнализации.

Общий вид щита управления представлен на листе ФЮРА.42100.013 ВО.

3 Расчет параметров настройки ПИ-регулятора

3.1 Идентификация объекта управления

Идентификация объекта управления выполняется для получения математической модели объекта управления. При разработке новых технологий, применяемых на промышленных объектах, используется активная идентификация. При активной идентификации на объект подаются заранее известные возмущающие воздействия и регистрируется выходная величина.

В настоящей работе для получения кривой разгона используется модель изменения температуры микроэмульсионного топлива посредством его подогрева с помощью подогреваемого топливозаборника ТП-200. Математическая модель построена на основе технических характеристик устройства. Известно, что данный топливозаборник подогревает топливо до 40...65 °С за 5...10 минут. Полученная кривая разгона представлена в виде зависимости температуры микроэмульсионного топлива T от времени τ (рис. 3.1).

По полученной кривой разгона определяем динамические параметры объекта: постоянную времени объекта T , время запаздывания объекта τ и коэффициент передачи объекта k .

Передаточная функция представляет собой два последовательно соединенных звена: апериодическое звено и звено запаздывания:

$$W(P) = \frac{k}{(TP + 1)} e^{-P\tau},$$

где k – коэффициент передачи объекта;

T – постоянная времени объекта;

τ – время запаздывания объекта;

P – оператор Лапласа.

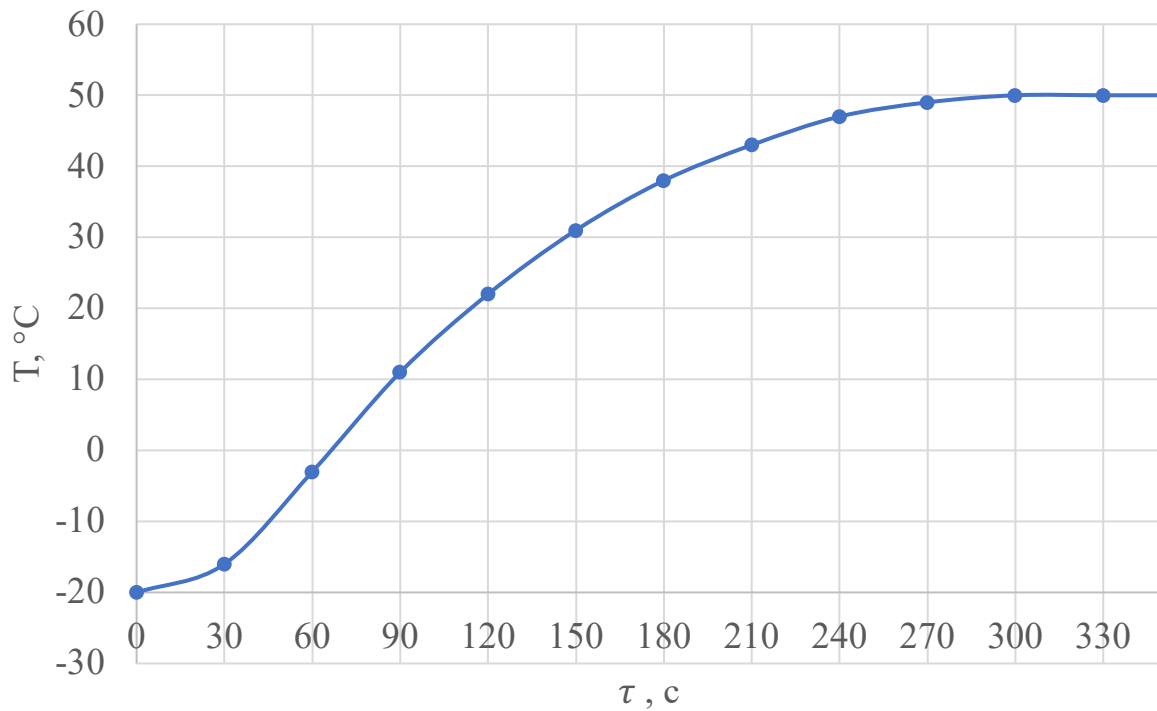


Рисунок 3.1 – Кривая разгона объекта управления
(τ – время, T – температура микроэмульсионного топлива)

При нулевых начальных условиях решение уравнения представляет собой:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases}$$

Данная система имеет два неизвестных: время запаздывания объекта τ и постоянную времени объекта T .

Коэффициент передачи объекта определяется по формуле:

$$k = \frac{h(T_y)}{A},$$

где A – выходное воздействие.

На кривой разгона строим две точки A и B (рис. 3.2). Ординаты точек A и B определяются как $h_A = 0,33 \cdot k$ и $h_B = 0,7 \cdot k$ соответственно. Абсциссы t_A и t_B – значения времени при соответствующих точках на кривой. Затем постоянная времени объекта T и время запаздывания объекта τ вычисляются по формулам:

$$T = \frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)},$$

$$\tau = \frac{t_B \cdot \ln(1 - h_A) - t_A \cdot \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)}.$$

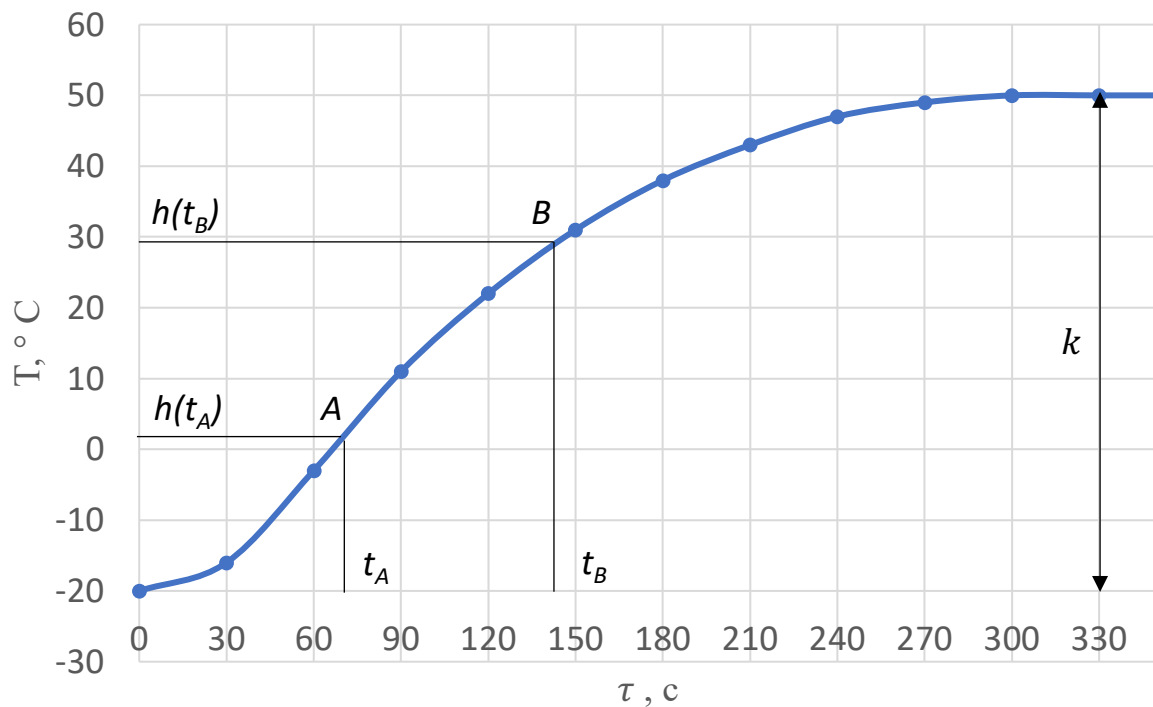


Рисунок 3.2 – Определение точек A и B на кривой разгона для расчета параметров регулятора

Для наглядности и точности производится аппроксимация кривой по методу Орманна. Постоянная времени объекта T и время запаздывания объекта τ вычисляются по формулам:

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25 \cdot (t_B - t_A),$$

$$\tau = 0,5 \cdot (3t_A - t_B).$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$T = 1,25 \cdot (142 - 75) = 90 \text{ с},$$

$$\tau = 0,5 \cdot (3 \cdot 75 - 142) = 35 \text{ с}.$$

Тогда, передаточная функция примет вид:

$$W(P) = \frac{70}{(90P + 1)} e^{-35P}.$$

3.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 3.3 представлен вид структурной схемы системы управления.

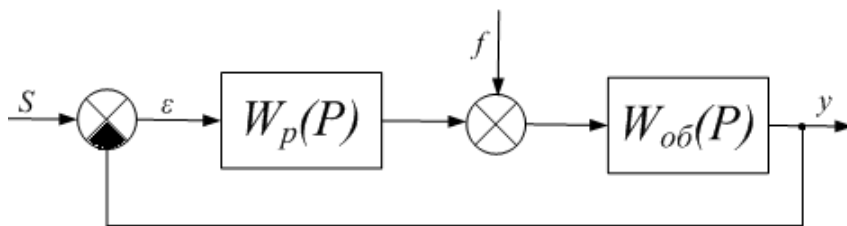


Рисунок 3.3 – Структурная схема системы управления

Для расчёта и построения границы заданного запаса устойчивости АСУ с ПИ-регулятором воспользуемся корневым методом параметрического синтеза систем автоматического управления с применением расширенных амплитудно-фазово-частотных характеристик (РАФЧХ).

Для системы управления установлены следующие требования к запасу устойчивости системы: степень затухания переходного процесса в системе $\psi = 0,8$.

Существует зависимость между степенью затухания переходных процессов в заданной системе управления ψ и степенью колебательности переходных процессов в заданной системе регулирования m . Следовательно, можно определить значение степени колебательности m по формуле:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi).$$

Получим:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,8) = 0,256.$$

Передаточная функция объекта управления определяется по формуле:

$$W_{об}(P) = \frac{K}{\prod_{i=1}^n (T_i P + 1)} \cdot e^{-P \cdot \tau},$$

где P – оператор Лапласа.

Если порядок объекта $n = 1$, то выражение примет вид:

$$W_{об}(P) = \frac{K}{(TP+1)} \cdot e^{-P \cdot \tau}.$$

По исходным данным определяем значения неизвестных параметров: $k = 70$, $\tau = 35$ с, $T = 90$ с.

После подстановки значений вышеприведенных параметров получаем окончательное выражение для передаточной функции объекта управления:

$$W(P) = \frac{70}{(90P + 1)} e^{-35P}.$$

Определим расширенные частотные характеристики объекта управления. РАФЧХ какого-либо звена можно получить подстановкой в передаточную функцию этого звена $W(p)$ оператора $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ или $p = -\eta + i \cdot \omega$.

В первом случае получим расчетные формулы для определения границы заданной степени колебательности системы m , а во втором – расчетные формулы для определения границы заданной степени устойчивости η .

Воспользуемся первым вариантом и подставим оператор $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ в выражение для передаточной функции объекта регулирования. Получим выражение для РАФЧХ объекта управления:

$$W_{об}(m, i \cdot \omega) = \frac{70 \cdot e^{-35 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega)}}{(90 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)}.$$

Используя формулу Эйлера $e^{i\varphi} = \cos\varphi + i\sin\varphi$, преобразовываем выражение:

$$\begin{aligned} W_{об}(m, i \cdot \omega) &= \frac{70 \cdot e^{35 \cdot m \omega} \cdot e^{-35 \cdot i \omega}}{(90 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)} = \\ &= \frac{70 \cdot e^{35 \cdot m \omega} \cdot (\cos(35\omega) - i \cdot \sin(35\omega))}{(90 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)} \end{aligned}$$

С помощью программы Mathcad рассчитывается РАФЧХ объекта в диапазоне изменения частоты ω от 0 до $0,05 \text{ с}^{-1}$ с шагом по частоте $\Delta\omega = 0,002 \text{ с}^{-1}$.

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$Re_{об}(m, \omega) = Re(W_{об}(m, i \cdot \omega)).$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$Im_{об}(m, \omega) = Im(W_{об}(m, i \cdot \omega)).$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ)

$$A_{об}(m, \omega) = \sqrt{Re_{об}^2(m, \omega) + Im_{об}^2(m, \omega)}.$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{об}(m, \omega) = \arctg \frac{Im_{об}(m, \omega)}{Re_{об}(m, \omega)}.$$

Результаты расчётов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Расширенные частотные характеристики объекта управления

$\omega, \text{ с}^{-1}$	$Re_{об}(m, \omega)$	$Im_{об}(m, \omega)$	$A_{об}(m, \omega)$	$\varphi_{об}(m, \omega), \text{ рад}$
0	70	0	70	0
0,002	71,011	-18,625	73,413	-0,257
0,004	64,563	-36,754	74,292	-0,518
0,006	52,156	-50,551	72,634	-0,77
0,008	37,161	-58,28	69,12	-1,003
0,01	22,622	-60,567	64,654	-1,213
0,012	10,159	-59,094	59,961	-1,401
0,014	0,184	-55,471	55,471	-1,567
0,016	-7,516	-50,83	51,383	1,424
0,018	-13,348	-45,848	47,751	1,287
0,02	-17,721	-40,89	44,565	1,162
0,022	-20,974	-36,134	41,78	1,045
0,024	-23,37	-31,657	39,348	0,935
0,026	-25,105	-27,478	37,22	0,83
0,028	-26,325	-23,592	35,35	0,731
0,03	-27,139	-19,982	33,702	0,635
0,032	-27,625	-16,626	32,242	0,542
0,034	-27,845	-13,501	30,945	0,451
0,036	-27,843	-10,588	29,788	0,363
0,038	-27,654	-7,867	28,751	0,277

Продолжение таблицы 3.1

$\omega, \text{с}^{-1}$	$Re_{06}(m, \omega)$	$Im_{06}(m, \omega)$	$A_{06}(m, \omega)$	$\varphi_{06}(m, \omega), \text{рад}$
0,04	-27,305	-5,324	27,819	0,193
0,042	-26,818	-2,944	26,979	0,109
0,044	-26,209	-0,716	26,219	0,027
0,046	-25,493	1,369	25,53	-0,054
0,048	-24,681	3,32	24,904	-0,134
0,05	-23,784	5,143	24,333	-0,213

Расчётные формулы корневого метода для ПИ - регулятора имеют вид:

$$\frac{K_p}{T_u} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot Im_{06}(m, \omega)}{A_{06}^2(m, \omega)};$$

$$K_p = - \frac{m \cdot Im_{06}(m, \omega) + Re_{06}(m, \omega)}{A_{06}^2(m, \omega)},$$

где K_p – коэффициент передачи ПИ-регулятора;

T_u – постоянная интегрирования ПИ-регулятора.

Зададим диапазон изменения частоты $\omega = 0 \dots 0,046 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,002 \text{ с}^{-1}$, определим параметры настройки регулятора $\frac{K_p}{T_u}$ и K_p в заданном диапазоне частот.

Результаты расчётов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчёта параметров настройки ПИ - регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	K_p/T_u	K_p
0	0	-0,014
0,002	0,00001	-0,012
0,004	0,00003	-0,00999
0,006	0,00006	-0,00743
0,008	0,0001	-0,00466
0,01	0,00015	-0,0017
0,012	0,00021	0,00138
0,014	0,00027	0,00456
0,016	0,00033	0,00778
0,018	0,00039	0,011
0,02	0,00044	0,014
0,022	0,00049	0,017
0,024	0,00053	0,02
0,026	0,00055	0,023

Продолжение таблицы 3.2

$\omega, \text{с}^{-1}$	K_p/T_u	K_p
0,028	0,00056	0,0255
0,03	0,00057	0,028
0,032	0,00055	0,031
0,034	0,00051	0,0335
0,036	0,00046	0,035
0,038	0,00039	0,036
0,04	0,00029	0,037
0,042	0,00018	0,0375
0,044	0,00005	0,038
0,046	-0,0001	0,038

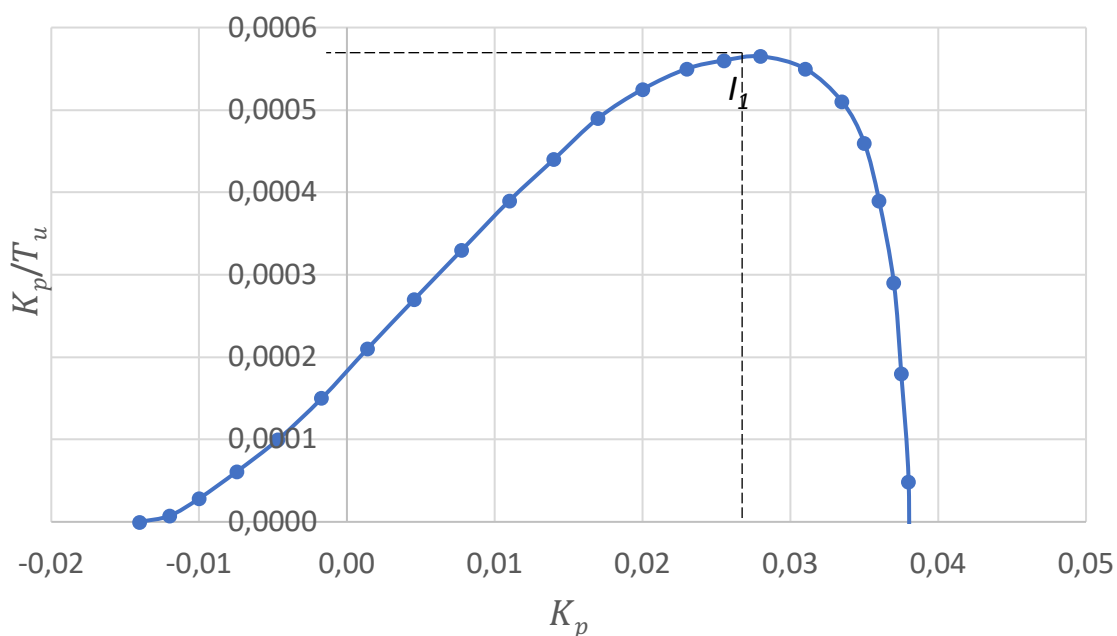


Рисунок 3.4 – Кривая заданного запаса устойчивости

Полученная кривая является границей заданной степени затухания $\psi = \psi_{\text{зад}} = 0,8$ процесса управления. Таким образом, все значения K_p/T_u и K_p , лежащие на этой кривой, обеспечивают заданную степень затухания.

3.3 Определение оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора

Поиск оптимальных параметров настройки регулятора осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования,

представленной на рисунке 3.4, до достижения экстремума принятого критерия качества.

В настоящей работе первая интегральная оценка используется как критерий качества. Минимальное значение данной оценки соответствует точке с максимальным значением соотношения K_p/T_u на линии заданного запаса устойчивости.

Из таблицы 3.2 определяем следующие значения: $\max(K_p/T_u) = 0,00057$, $K_p = 0,028$, $\omega = 0,03 \text{ с}^{-1}$.

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{(K_p/T_u)} = \frac{0,028}{0,00057} = 49,12 \text{ с.}$$

3.4 Расчет, построение и оценка качества переходного процесса в замкнутой АСУ по каналу задающего воздействия

Запишем передаточную функцию:

$$W_{s-y}(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)},$$

где $W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта;

$W_p(P)$ – передаточная функция регулятора.

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Чтобы рассчитать переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную характеристику системы. Результаты расчета представлены в таблице 3.3.

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\text{Re}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) d\omega,$$

где $\text{Re}(\omega)$ – вещественная частотная характеристика системы;

$\omega = 0,04$ – частота среза;

t – продолжительность переходного процесса.

Для достижения точности расчета в качестве верхнего предела интеграла применяется значение, при котором значение вещественной частотной характеристики стремится к 0.

Таблица 3.3 – Результаты расчета ВЧХ замкнутой системы

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{s-y}(\omega)$
0	1
0,005	1,031181
0,01	1,116414
0,015	1,222981
0,02	1,230741
0,025	0,643039
0,03	-1,19745
0,035	-1,91703
0,04	-1,42514
0,045	-0,95339
0,05	-0,636
0,055	-0,4236
0,06	-0,27612
0,065	-0,16992
0,07	-0,09115
0,075	-0,03142
0,08	0,014591
0,085	0,050365
0,09	0,078268
0,095	0,099945
0,1	0,116565

На рисунке 3.5 представлен график вещественной частотной характеристики системы. Определяем из графика значение частоты среза.

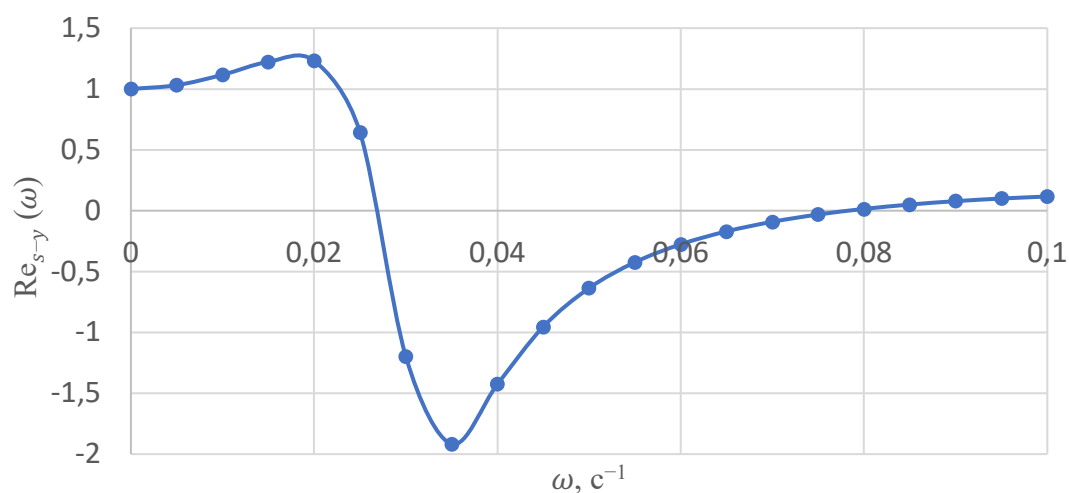


Рисунок 3.5 – Вещественная частотная характеристика системы

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,035} \frac{\text{Re}_{s-y}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) d\omega.$$

На рисунке 3.6 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия.

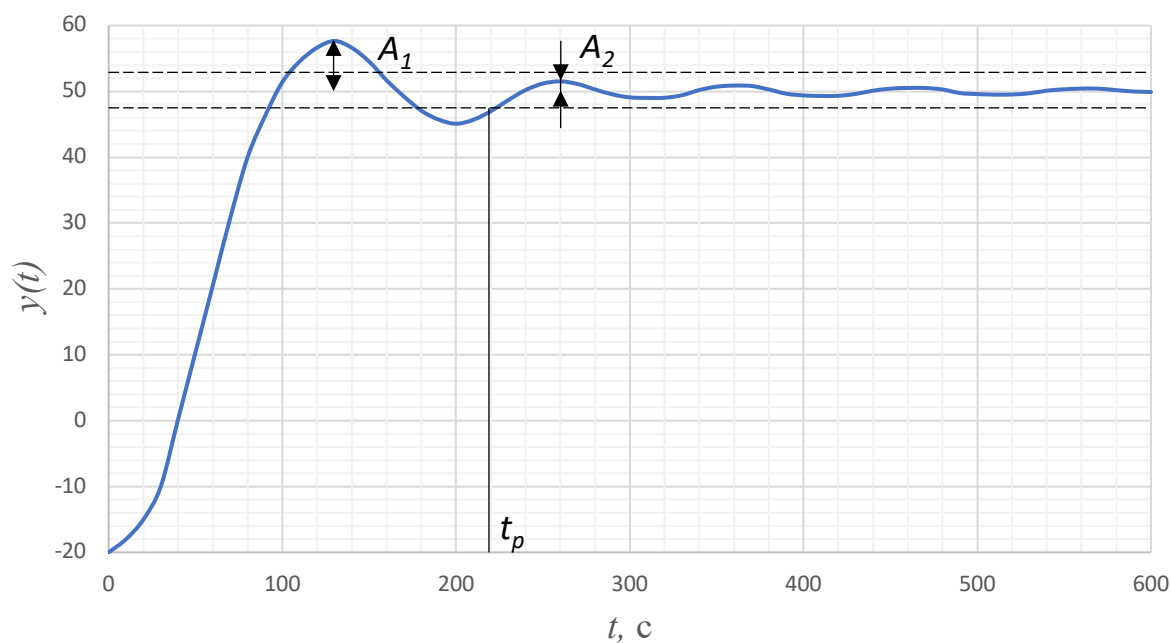


Рисунок 3.6 – Кривая разгона системы по каналу задающего воздействия

3.5 Оценка качества регулирования

Используя данные рисунка 3.6, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСУ.

Прямые критерии качества:

1. Максимальная динамическая ошибка:

$$A_1 = 7,658;$$

2. Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100 = \frac{7,658}{50} \cdot 100 = 15,32\%,$$

где $A_1 = 7,658$ – первое отклонение регулируемой величины;

$y(\infty)$ – установившееся значение регулируемой величины при времени переходного процесса t ;

3. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{1,324}{7,658} = 0,83,$$

где $A_2 = 1,324$ – второй максимальный выброс регулируемой величины;

4. Статическая ошибка:

$$\varepsilon = S - y(\infty) = 50 - 50 = 0,$$

где $S = 1(t)$ – сигнал задающего воздействия;

5. Время регулирования:

$$t_p = 220 \text{ с.}$$

Сравнивая требуемую и полученную степени затухания, можно сделать вывод о том, что переходный процесс удовлетворяет требованиям к запасу устойчивости системы.

4 Мнемосхема проекта

Мнемосхема представляет собой изображение технических устройств, сигнальных изображений оборудования и внутренних связей объекта управления. Чаще всего мнемосхемы размещаются на операторских панелях, диспетчерских пультах или на персональном компьютере. Мнемосхемы выполняются для того, чтобы наглядно изобразить структуру системы и облегчить для оператора процесс управления.

К разрабатываемой в настоящей работе мнемосхеме предъявлены общие требования:

- 1) Мнемосхема должна состоять из элементов, которые необходимы для управления и контроля объекта;
- 2) Отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления, должны выделяться размерами, формой, цветом;
- 3) Элементы мнемосхемы должны быть интуитивно понятными и хорошо различимыми.

В данной работе рассматривается система предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания. Система состоит из: топливного бака, подогреваемого топливозаборника, топливопровода, регулирующего органа, насоса и камеры сгорания. Для того, чтобы обеспечить беспрепятственное поступление топлива в камеру сгорания при низких температурах окружающей среды необходимо регулировать ряд параметров: температуру топлива в трех точках (бак, после бака, после регулирующего клапана), расход топлива и уровень топлива в баке.

Из-за особенностей микроэмульсионного топлива необходимо строго контролировать температуру топлива. Чем выше температура топлива, тем быстрее испаряется входящая в состав вода. Важно не допустить превышение верхней температурной уставки в 50 °С, чтобы избежать критического нагнетания давления паров в топливном баке и топливоподающем трубопроводе.

Исходя из требований и принципа работы системы, была разработана мнемосхема процесса управления температурой микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания. Разработанная мнемосхема представлена на рисунке 4.1.

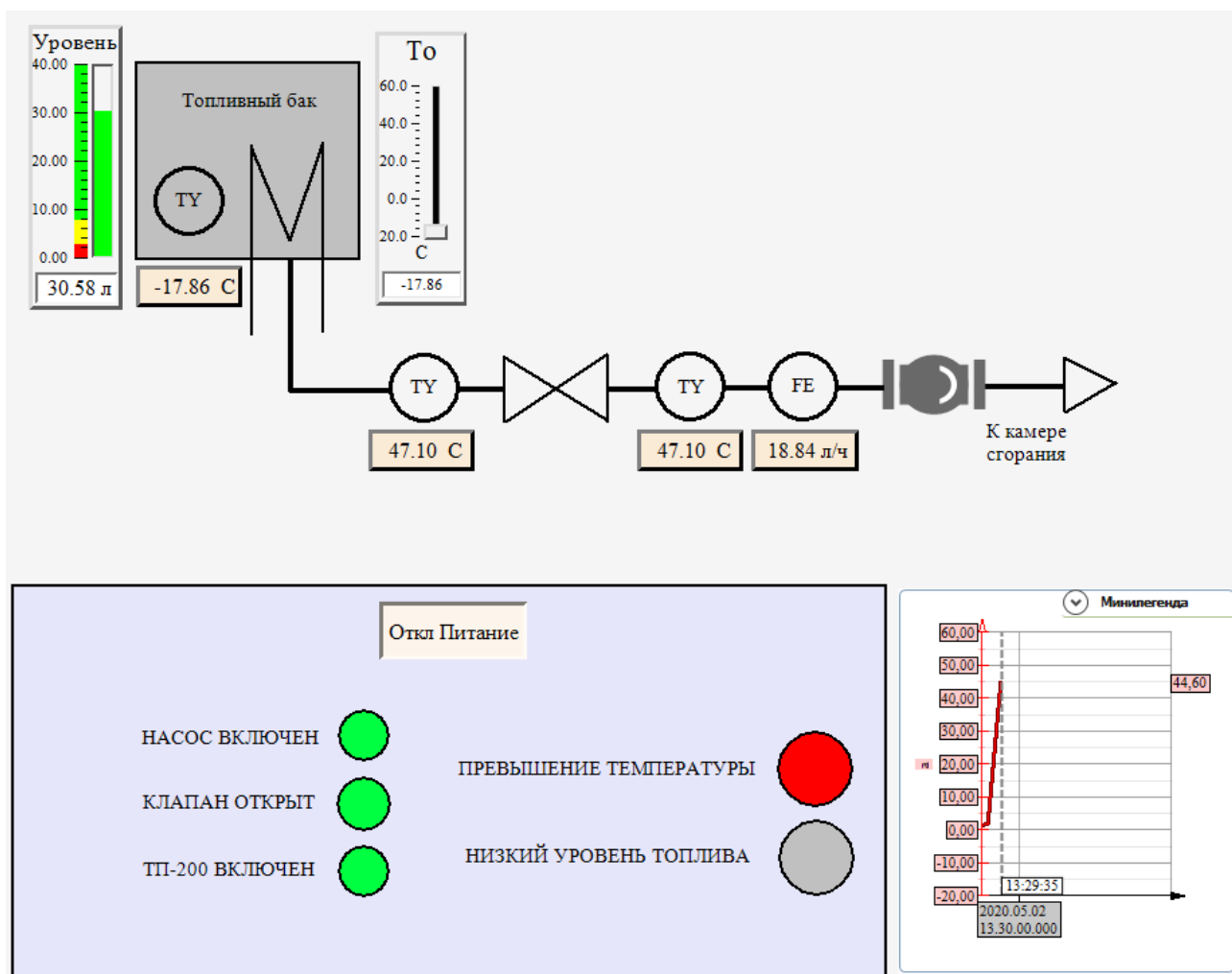


Рисунок 4.1 – Окно с мнемосхемой технологического процесса управления температурой микроэмульсионного топлива

Мнемосхема содержит условное изображение топливной системы с указанием ключевых параметров. На мнемосхеме изображен трубопровод, по которому топливо с помощью насоса и регулирующего клапана подается в камеру сгорания.

Управление технологическим процессом осуществляется оператором. На операторскую панель выведена сигнализация, а также кнопка «Вкл/Откл

Питание». В системе присутствует задатчик, который имитирует начальную температуру топлива в баке. Температуру можно задать вручную. Присутствует шкала, показывающая уровень топлива в баке. Измеряются температуры топлив в баке, после бака и после регулирующего клапана, а также расход топлива. Присутствует окно, отображающее тренд изменения температуры топлива. Панель управления с сигнализацией расположена в нижней части схемы. Слева расположены лампы, сигнализирующие зеленым цветом о запуске оборудования. Справа расположены лампы, сигнализирующие красным цветом о превышении уставок.

В работе системы имеется защита, не допускающая превышения уставок по температуре и уровню. При достижении этих уставок отключается соответствующее оборудование. Также для снижения энергопотребления подогреваемый топливозаборник включается только при температуре топлива ниже 10 °С.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Семёновой Александре Евгеньевне

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научно-технического проекта (ТП): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет проекта – 356 240,7 руб. В реализации проекта задействованы два человека: научный руководитель, инженер.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности НТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Описание потенциальных потребителей; - Анализ конкурентных технических решений; - SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета технического проекта	- Планирование работ; - Разработка графика Ганта; - Формирование бюджета затрат на проектирование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Календарный план-график проектирования проекта
3. Бюджет затрат ТП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Семёнова Александра Евгеньевна		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью данного раздела является анализ ресурсоэффективности и конкурентоспособности топливной системы на основе микроэмульсионного топлива. В рамках анализа необходимо выполнить следующие задачи:

- анализ конкурентоспособности технических решений;
- SWOT-анализ;
- планирование работ;
- расчет бюджета затрат.

Использование традиционного дизельного топлива оказывает глобальное негативное влияние на окружающую среду и на здоровье человека. В результате сжигания дизельного топлива выделяются такие вредные выбросы, как азот, диоксиды и оксиды углерода, а также мелкие твердые частицы, например, сажа и аэрозоли. Выхлопные газы отрицательно воздействуют на здоровье человека и все живые организмы. Долгосрочные воздействия выхлопных газов на человека могут привести к хроническим заболеваниям. К тому же выхлопы загрязняют атмосферу, приводят к повышению температуры Земли и изменению климата.

Решением данной проблемы является использование альтернативного микроэмульсионного топлива. Микроэмульсионное топливо представляет собой смесь зимнего дизельного топлива, воды, растительных добавок и ПАВ (поверхностно-активные вещества). Основным преимуществом такого вида топлива является добавление в него воды, что позволяет снизить число антропогенных выбросов за счет более интенсивного горения. По той же

причине данное топливо имеет меньший расход, по сравнению с бензином и дизелем в чистом виде.

Таким образом, сферой использования данной системы является транспортный судоходный сектор, а также установки, работающие на дизельном топливе, например, сельхозтехника или дизельные генераторы.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений позволяет изучить рынок, выявить преимущества и недостатки конкурентов для успешного внедрения разработки.

Для наглядности сравнения конкурентных топлив для двигателей используем оценочную карту, представленную в таблице 5.1.

Конкуренты:

БЗ – бензиновое топливо;

ДТ – дизельное топливо;

МЭ – микроэмульсионное топливо.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных топлив

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		БЗ	ДТ	МЭ	К _{БЗ}	К _{ДТ}	К _{МЭ}
1. Экологичность	0,3	1	4	5	0,3	1,2	1,5
2. Экономичность (минимальный расход)	0,2	2	4	5	0,4	0,8	1,0
3. Термостабильность	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2
4. Мощность	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
5. Долговечность	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,4
6. Эксплуатация при низких температурах	0,15	4	2	2	0,6	0,3	0,3
7. Цена	0,1	4	3	2	0,4	0,3	0,2
8. Обслуживание	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Итого	1	26	28	31	2,6	3,75	4,0

Пример расчета оценки конкурентоспособности микроэмульсионного топлива:

$$K_{\text{МЭ}} = \sum (B \cdot B_{\text{МЭ}}) =$$

$$= 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 + 0,05 \cdot 4 =$$

$$= 4,0,$$

где $K_{\text{МЭ}}$ – конкурентоспособность микроэмульсионного топлива;

B – вес критерия (в долях единицы, в сумме равняется 1);

$B_{\text{МЭ}}$ – баллы микроэмульсионного топлива (от 1 до 5, где 1 – наиболее слабая позиция, 5 – наиболее сильная).

Рассчитаем коэффициент конкурентоспособности микроэмульсионного топлива:

$$k_k = \frac{3,85}{(3,5 + 2,45)/2} = 1,29.$$

Так как $k_k > 1$, значит микроэмульсионное топливо конкурентоспособно.

На основании проанализированных данных из таблицы 1 можно сделать следующие выводы:

1. Микроэмульсионное топливо является более конкурентоспособным по наиболее важным техническим критериям оценки. Данное топливо является наиболее экологически чистым и безопасным, а также имеет меньший расход, чем конкуренты.

2. Стоит отметить, что по термостабильности (способность топлива сохранять фазовое состояние в определенном диапазоне температур) и долговечности у микроэмульсионного топлива также более высокие показатели. На долговечность двигателя влияет содержание в топливе масел, которые естественным путем смазывают части двигателя. В составе микроэмульсионного топлива большая доля масел по сравнению с конкурентами. Значит, теоретически долговечность двигателя, работающего на таком топливе, будет выше.

3. Из анализа видно, что для круглогодичной работы в регионах с низкими температурами в зимний период лучше всего подходит бензин. В данной работе

рассматривается микроэмульсионное топливо, точка помутнения которого -20 °С, как и у дизельного топлива.

4. Основным отталкивающим моментом может показаться цена микроэмульсионного топлива. Но нужно учитывать, что такое топливо имеет расход еще меньше, чем дизельное топливо. Следовательно, их цена соизмерима.

5. Коэффициент конкурентоспособности микроэмульсионного топливного образца высокий и составляет 1,29.

Дальнейший анализ и расчет будет выполнен только для микроэмульсионного топлива.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются выводы: правильно ли развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта [51].

Таблица 5.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны: 1. Экологичность топлива; 2. Небольшой расход; 3. Возможность изменения состава	Слабые стороны: 1. Цена; 2. Ограничение эксплуатации в зимний период; 3. Топливо еще не тестировалось на реальных двигателях.
Возможности: 1. Изменение состава МЭ топлива; 2. Снижение цены на топливо;	1. Изменение состава МЭ может расширить температурный диапазон топлива, что позволит использовать данное топливо при низких отрицательных температурах. 2. Также есть возможность добиться менее вязкого топлива, что поспособствует более удобной подачи топлива к камере сгорания. 3. Возможным решением для удешевления микроэмульсионного топлива может быть поиск аналогичных, более дешевых ПАВ.	1. Подбор компонентов и их процентного содержания является сложной задачей. Необходимо проводить различные тестирования образцов, чтобы убедиться в их пригодности в качестве топлива.

Продолжение таблицы 5.2

Угрозы: 1. Рост цен на топливо; 2. Износ двигателя за счет воды;	1. Рост цен на данное топливо прямо пропорционален росту цен на дизельное топливо. Следовательно, разница в цене этих двух топлив будет неизменна. Учитывая низкий расход МЭ топлива, эта разница становится минимальна.	1. Есть вероятность того, что вода, способствующая улучшению экологических свойств топлива, может негативно влиять на составные части двигателя, например, на форсунки. Необходимо проводить реальные эксперименты, чтобы определить это. В случае подтверждения данного опасения нужно варьировать состав топлива.
---	--	---

В результате SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны научно-технического проекта. На их основе были выявлены возможности улучшения проекта, такие как снижение цены микроэмульсионного топлива, а также возможности улучшения его реологических свойств (снижение вязкости).

Помимо этого, анализ помог выявить пункты, на которые следует обратить внимание, а именно на работу топлива в реальной установке. Зная слабые стороны системы и предполагаемые риски, можно вовремя внести коррективы в систему и предотвратить износ двигателя или его поломку.

5.2 Планирование научно-технического проекта

5.2.1 Структура научно-технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Перечень работ и распределение исполнителей представлены в таблице

5.3.

Таблица 5.3 – Перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания (схем моделирования, проектирования)	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	Научный руководитель
	3	Выбор направления оптимизационной задачи	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель
Теоретические исследования	5	Разработка вариантов проектирования	Инженер
	6	Сравнение возможных вариантов по ряду критериев	Инженер
	7	Расчет основных и аварийных принципов функционирования	Инженер
Экспериментальные исследования	8	Проведение экспериментальных исследований	Научный руководитель + Инженер
	9	Обработка полученных данных	
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель
Разработка технической документации	11	Выбор технических средств автоматизации	Инженер
	12	Разработка схемной документации	Инженер
Оформление отчёта по НИР	13	Составление пояснительной записки по проекту	Инженер

Как видно из таблицы 5.3 разработка научно-технического проекта состоит из 13 этапов. Основную часть работ выполняет инженер под руководством научного руководителя.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

Трудоемкость выполнения разработки системы оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож_i}$ используется следующая формула [51]:

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5};$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоёмкости определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле [51]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

При проектировании и разработки моделей все действия выполняются последовательно, соответственно продолжительность каждой работы будет равна $T_{pi} = t_{ожi}$, полученный ответ округляем до ближайшего целого значения.

5.2.3 Разработка графика проведения научно-технического проекта

Для наглядности построим график проведения работ в виде диаграммы Ганта. Диаграмма представлена на рисунке 5.1.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [51]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}};$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю в 2020 году 366 календарных дней, из них рабочих дней – 248, а выходных и праздничных – 118.

Исходя из этого, определим коэффициент календарности на 2020 год:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Временные показатели проведения технического проекта

Название работы	Трудоёмкость работ (чел-дни)		Длительность работ в рабочих днях T_p	Длительность работ в календарных днях T_k
	t_{\min}	t_{\max}		
1. Составление и утверждение технического задания (схем моделирования, проектирования)	1	3	2	3
2. Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	2	4	3	4
3. Выбор направления оптимизационной задачи	3	5	4	6
4. Календарное планирование работ	1	2	1	1
5. Разработка вариантов проектирования	4	8	6	9
6. Сравнение возможных вариантов по ряду критериев	2	3	2	3
7. Расчет основных и аварийных принципов функционирования	6	9	7	10
8. Проведение экспериментальных исследований	8	15	11	16

Продолжение таблицы 5.4

Название работы	Трудоёмкость работ (чел-дни)		Длительность работ в рабочих днях T_p	Длительность работ в календарных днях T_k
	t_{min}	t_{max}		
9. Обработка полученных данных	7	14	10	15
10. Оценка эффективности полученных результатов	5	8	6	9
11. Выбор технических средств автоматизации	4	6	5	7
12. Разработка схемной документации	12	25	17	25
13. Составление пояснительной записки по проекту	5	9	7	10
<i>Итого</i>	51	91	81	118

По данной таблице видно, что выполнение проекта занимает примерно 118 календарных дней.

Построим календарный план-график.

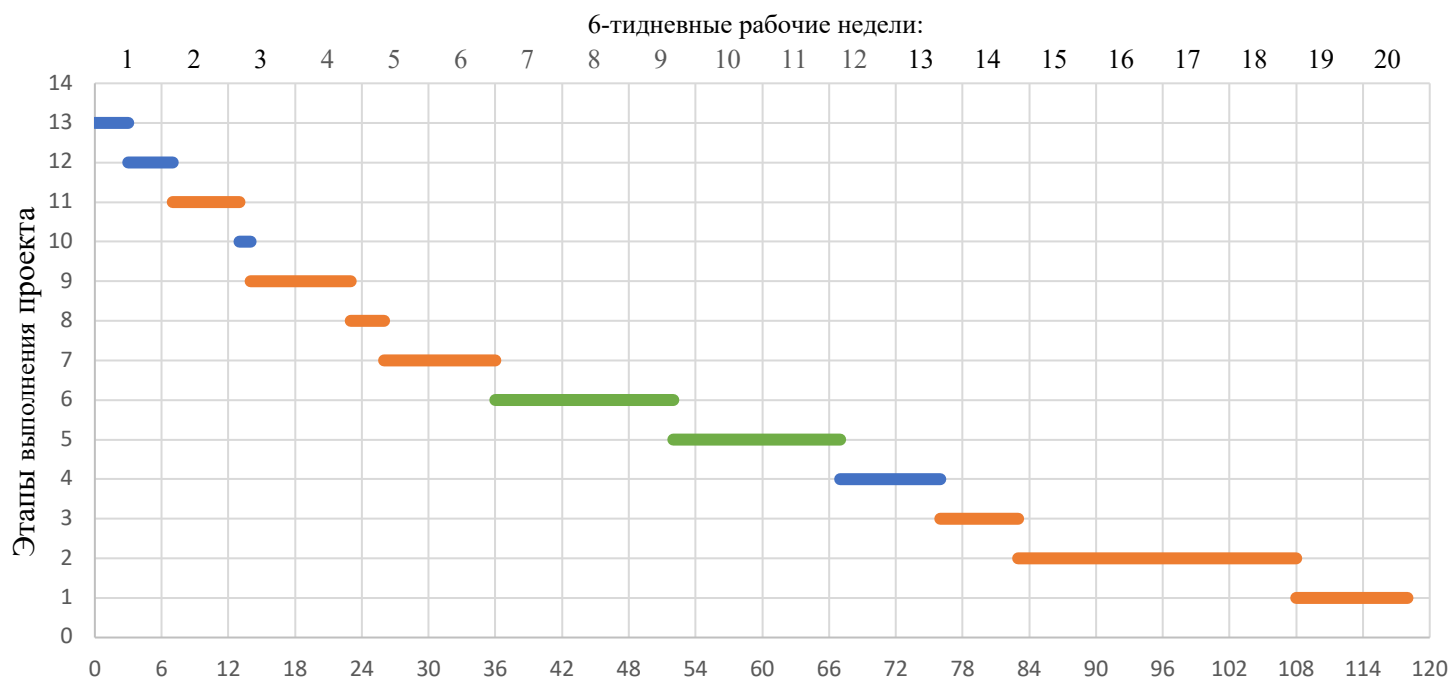


Рисунок 5.1 – Календарный план-график выполнения проекта, где синим цветом выделены дни работы научного руководителя, оранжевым – рабочие дни инженера, зеленым – совместные рабочие дни

По полученному план-графику можно сделать вывод, что выполнение проекта занимает около 20 недель с учетом вероятностного характера выполнения работ (благоприятного, неблагоприятного). В рабочих днях реализация проекта занимает 118 дней, из них 17 дней – продолжительность работы научного руководителя, 70 дней – продолжительность работы инженера и 31 день – совместные выполнение и обработка экспериментов.

5.3 Бюджет научно-технического проекта

При планировании научно-технического проекта необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его реализацией. При формировании бюджета научно-технического проекта используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на оборудование;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонты;
- накладные расходы.

5.3.1 Материальные затраты

Данная статья расходов включает все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, стендов и устройств, необходимых для проведения исследования). Настоящее исследование проводилось на базе Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета. Это значит, что все оборудование для экспериментов, а также программное обеспечение для обработки данных предоставляется преподавателям и студентам бесплатно.

Материальные затраты включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. В материальные затраты включаются также транспортно-

заготовительные расходы (NPH) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчет материальных затрат приведен в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Материальный затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак., 500 л.	310	1	310
Тетрадь общая, 48 л.	45	1	45
Шариковая ручка	30	2	60
Картридж для принтера	1550	1	1 550
Итого:			1 965
Итого с учетом ТЗР (10%)			2 161,5

По данным таблицы 5.5 видно, что материальные затраты с учетом ТЗР составили 2 161,5 руб.

5.3.2 Затраты на оборудование

В таблице 5.6 приведен бюджет затрат на оборудование, использованное при проведении научно-технического исследования.

Таблица 5.6 – Бюджет затрат на оборудование разрабатываемой АСУ

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Итоговая сумма, руб.
Персональный компьютер	1	40 000	40 000
Датчик давления Меран-55-ДИ	1	4 000	4 000
Итого:			44 000

Наибольшие затраты при разработке АСУ приходятся на приобретение самого объекта автоматизации.

5.3.3 Расчет амортизационных затрат

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчетов используется персональный

компьютер первоначальной стоимостью 40 000 рублей и принтер первоначальной стоимостью 4 000. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет.

Норма амортизации H_A рассчитывается как:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%,$$

где T – срок полезного использования, лет.

Примем срок полезного использования ПК равным 3 годам, а срок полезного использования принтера равным 2 годам. Тогда норма амортизации [51]:

$$H_A^{\text{ПК}} = \frac{1}{3} \cdot 100 = 33,3\%;$$

$$H_A^{\text{ПР}} = \frac{1}{2} \cdot 100 = 50\%.$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}}^{\text{ПК}} = 40\,000 \cdot 0,33 = 13\,200 \text{ руб.};$$

$$A_{\text{год}}^{\text{ПР}} = 4\,000 \cdot 0,5 = 2\,000 \text{ руб.}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{мес}}^{\text{ПК}} = \frac{13\,200}{12} = 1\,100 \text{ руб.};$$

$$A_{\text{мес}}^{\text{ПР}} = \frac{2\,000}{12} = 166,7 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств за 5 месяцев работы:

$$A = 1\,100 \cdot 5 + 166,7 \cdot 5 = 6\,333,5.$$

5.3.4 Заработная плата исполнителей

Оклад научного руководителя составляет 27 600 руб., оклад инженера 12 700 руб.

В данном пункте рассчитываем основную заработную плату работников, участвующих в выполнении научно-технического проекта.

Затраты на заработную плату [51]:

$$Зп = Зосн + Здоп,$$

где Зосн – основная заработная плата, руб.;

Здоп – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная:

$$Зосн = Здн \cdot Тр \cdot (1 + Кпр + Кд) \cdot Кр$$

Здн – среднедневная заработная плата, руб.;

Кпр – премиальный коэффициент (0,3);

Кд – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

Кр – районный коэффициент (для Томска 1,3);

Тр – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата:

$$Здн = \frac{Зм \cdot М}{Fд}$$

Зм – оклад работника за месяц, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня М = 11,2 месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней М = 10,4 месяца, 6-дневная неделя;

Fд – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб. дн.

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	366
Нерабочие дни (праздники/выходные)	118
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	238

Рассчитаем среднедневную заработную плату для инженера и внесем данные в таблицу 5.8:

$$Здн \text{ инж.} = \frac{Зм \cdot М}{Fд} = \frac{12\,700 \cdot 11,2}{238} = 597,7 \text{ руб.}$$

$$Здн \text{ рук.} = \frac{Зм \cdot М}{Fд} = \frac{27\,600 \cdot 11,2}{238} = 1\,298,8 \text{ руб.}$$

Таблица 5.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Здн, руб.	Кпр	Кд	Кр	Тр	Зосн
Инженер	597,7	0,05	0,05	1,3	101	86 318,6
Руководитель	1 298,8	0,05	0,05	1,3	48	89 151,0
Итого						175 468,6

Рассчитаем дополнительную заработную плату для исполнителей научно-технического проекта [51]:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \cdot З_{\text{осн}};$$

$$З_{\text{доп инж}} = 0,12 \cdot 86\,318,6 = 10\,358,2 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{доп рук}} = 0,12 \cdot 89\,151,0 = 10\,698,1 \text{ руб.}$$

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [51]:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}});$$

Рассчитаем величину внебюджетных отчислений:

$$З_{\text{внеб инж}} = 0,3 \cdot (86\,318,6 + 10\,358,2) = 29\,003,0 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{внеб рук}} = 0,3 \cdot (89\,151,0 + 10\,698,1) = 29\,954,7 \text{ руб.}$$

5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д. Величина коэффициента накладных расходов

принимается в размере 16%. Их величина определяется по следующей формуле [51]:

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (З_{\text{мат}} + З_{\text{обор}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}).$$

Таблица 5.9 – Расчеты дополнительной заработной платы, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы

Наименование	Сумма, руб.
Материальные затраты	2 161,5
Затраты на оборудование	44 000
Затраты на основную заработную плату	175 468,6
Затраты на дополнительную заработную плату	21 056,3
Отчисления во внебюджетные фонды	58 957,7
Накладные расходы:	48 263,1

Сумма накладных расходов составляет 48 263,1 руб., что превышает заработную плату исполнителей проекта.

5.4 Формирование бюджета затрат

Рассчитанная величина затрат проектной работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается проектной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку. Данные бюджета затрат НТП приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Бюджет затрат

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	2 161,5	0,61
Затраты на оборудование	44 000	12,35
Затраты на амортизацию	6 333,5	1,78
Затраты на основную заработную плату	175 468,6	49,26
Затраты на дополнительную заработную плату	21 056,3	5,91
Отчисления во внебюджетные фонды	58 957,7	16,55
Накладные расходы	48 263,1	13,54
Общий бюджет	356 240,7	100

Из анализа таблицы 5.8 видно, что общий бюджет научно-технического проекта составляет 356 240,7 рублей и включает материальные затраты, затраты на оборудование, амортизацию, основную и дополнительную заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Наибольший процент затрат, равный 49,26%, приходится на основную заработную плату исполнителей проекта.

5.5 Выводы по разделу

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1) Проведен анализ коммерческого потенциала проектируемой автоматической системы предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания. Исследование показало, что сферой использования данной системы является судоходный транспортный сектор, а также сельхозтехника и дизельные генераторы.

2) Проведен анализ конкурентных технических решений. В настоящей работе были комплексно проанализированы три варианта топлив: бензин, зимнее дизельное топливо и микроэмульсионное топливо. По ряду критериев было выявлено, что микроэмульсионное топливо наиболее перспективное. Однако, данное топливо необходимо протестировать в реальных условиях, чтобы до конца представлять все возможные последствия его использования.

3) Следующий этапом было проведение SWOT-анализа системы с использованием микроэмульсионного топлива. По результатам SWOT-анализа были выявлены сильные стороны системы с выбранным топливом, разработана политика по ликвидации ее недостатков, проанализированы возможности и потенциальные риски, их влияние и способы предотвращения для повышения конкурентоспособности проекта.

4) Планирование выполнения работ по проекту. В данном пункте была описана структура проекта, определен объем и составлен план проектировочных работ; произведена оценка трудоемкости и разработан план-график выполнения

работ. Исходя из вышеперечисленных пунктов, было выявлено, что длительность выполнения проекта составляет 118 календарных дней, то есть около 20 недель. При этом, основная часть работы осуществлялась инженером, а научный руководитель помогал при выполнении наиболее ответственных этапов проекта.

5) Формирование бюджета затрат на разработку топливной системы на основе микроэмульсии. Общий бюджет включает: затраты на приобретение канцелярских товаров – 2161,5 руб., затраты на оборудование – 44 000 руб., затраты на амортизацию – 6 333,5 руб., затраты на основную и дополнительную заработные платы 2-х исполнителей проекта – 175 468,6 руб. и 21 056,3 руб. соответственно, отчисления во внебюджетные фонды – 58 957,7 руб. и накладные расходы – 48 263,1 руб. Сумма общего бюджета проекта составила 356 240,7 руб.

Исходя из вышеперечисленных пунктов, можно сделать общий вывод о том, что проектируемая автоматическая система управления имеет большой потенциал, она конкурентоспособна и перспективна. Главным достоинством данной системы по сравнению с конкурентами является ее экологичность, что очень важно в современном мире.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Семёновой Александре Евгеньевне

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Автоматическая система предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Автоматическая система регулирования температуры микроэмульсионного топлива для обеспечения условий сохранения его однофазного состояния
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата – Повышенный уровень шума – Недостаточная освещенность рабочей зоны – Повышенный уровень электромагнитных излучений – Поражение электрическим током – Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов
3. Экологическая безопасность:	– Анализ воздействия объекта на атмосферу и здоровье человека (выбросы)
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: возгорания, взрывы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Семёнова Александра Евгеньевна		

6 Социальная ответственность

Введение

Выпускная квалификационная работа по теме «Автоматическая система предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания» посвящена разработке системы регулирования температуры альтернативного топлива.

Использование традиционного топлива, такого как бензин и дизель, оказывает негативное на атмосферу и здоровье человека. Решением данной проблемы является использование альтернативного микроэмульсионного топлива. Микроэмульсионное топливо представляет собой смесь зимнего дизельного топлива, воды, растительных добавок и ПАВ (поверхностно-активные вещества). Основным преимуществом такого вида топлива является добавление в него воды, что позволяет снизить число антропогенных выбросов за счет более интенсивного горения.

Основной характеристикой микроэмульсионного топлива является температурный диапазон стабильности, в котором топливо сохраняет однофазное состояние. Таким образом целью данной работы является разработка автоматической системы предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания для обеспечения условий сохранения его однофазного состояния и нормативных реологических показателей.

В данном разделе будут рассмотрены основные моменты, связанные с социальной ответственностью на каждом этапе разработки данного проекта.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основой правового законодательства Российской Федерации является Конституция. В данном документе описаны принятые нормы в области охраны труда:

1. Главный приоритет – сохранность жизни и здоровья работников;
2. Единство норм и правил;

3. Гарантия защиты интересов работников при получении травм на производстве.

Действующим нормативом по охране труда является ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда» (ССБТ).

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Охрана труда – это система законодательных актов, направленная на обеспечение безопасности, защиты здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Включает в себя социально-экономические, организационно-технические, гигиенические, лечебно-профилактические мероприятия и средства.

Условия труда – совокупность элементов трудового процесса, влияющих на функциональное состояние организма человека.

Рабочее место – пространство, где должен находиться работник, предназначенное для выполнения производственных или обслуживающих операций, подконтрольное работодателю.

Требования охраны труда – государственные нормативные требования охраны труда, в том числе стандарты безопасности труда, а также требования охраны труда, установленные правилами и инструкциями по охране труда (часть десятая введена Федеральным законом от 30.06.2006 N 90-ФЗ) (в ред. Федерального закона от 24.07.2009 N 206-ФЗ).

Средства индивидуальной и коллективной защиты работников – средства, необходимые для предохранения от загрязнений, предотвращения отрицательного воздействия производственных факторов на работающих.

Профессиональный риск – это вероятность причинения вреда здоровью работника, связанная с влиянием вредных или опасных производственных факторов во время исполнения трудовых обязанностей по контракту или иных обстоятельств, установленных Трудовым Кодексом и/или другими законами.

Кроме того, необходимость управления профессиональными рисками

установлена статьей 209 ТК, которой определено, что порядок оценки уровня профессионального риска устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. (часть четырнадцатая введена Федеральным законом от 18.07.2011 N 238-ФЗ).

Также необходимо соблюдать временной режим работы персонала при проведении экспериментов. Время проведения экспериментов не должно превышать 4 часов. В противном случае возможно снижение внимательности и работоспособности персонала.

6.2 Производственная безопасность

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 6.1. Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы

Факторы (12.0.003-2015)	Этапы работы		Нормативные документы
	Рабочее место в операторской	Производственное помещение	
1. Отклонение параметров микроклимата	+		Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96. Освещение – СП 52.13330.2011. Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82.
2. Повышенный уровень шума		+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+		
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+		

Продолжение таблицы 6.1

5. Поражение электрическим током	+	+	Естественное и искусственное освещение – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Защита от тепловых воздействий ГОСТ Р 30331.4-95.
6. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	+	+	

Проведение экспериментальных исследований подразумевало работу с легковоспламеняющимися веществами, в частности с дизельным топливом. Марки дизельного топлива классифицируют в соответствии с ГОСТ 305-82.

Дизельное топливо, как типичный нефтепродукт, при длительном и частом воздействии на кожный покров может привести к кожным заболеваниям. Попадая через кожный покров в организм человека, дизельное топливо способно вызвать отравление. Пары нефтепродуктов также оказывают на человека раздражающее и наркотическое действие. При больших концентрациях паров возможны потери сознания, а также нарушения сердечной деятельности.

Пары дизельного топлива способны вспыхивать при температуре 57 °С под действием источника зажигания, поэтому при проведении экспериментальных исследований в обязательном порядке следует соблюдать правила пожарной безопасности.

6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Отклонение параметров микроклимата

Работник, находясь на месте в производственном помещении подвержен влиянию микроклимату рабочих помещений. Микроклимат характеризуется такими параметрами, как температура, скорость потока, влажность воздуха и температура окружающих поверхностей. Отклонения этих параметров могут возникать за счет неисправной работы отопительной системы, перегрева приборов, оконных щелей и т.д.

Работа на ПК в офисном помещении относится к классу легких работ. Для данного типа работ допустимые величины микроклимата должны обеспечиваться при следующих условиях:

Перепад температуры воздуха должен быть не более 3...3,5 °С;

Перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать 3,5...4 °С;

Оптимальные параметры микроклимата приведены в таблице 6.2 согласно СанПиН 2.2.4.548-96. В таблице 6.3 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах.

Таблица 6.2 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость перемещения воздуха, м/с
Холодный	21...23	60...40	< 0,1
Теплый	22...24	60...40	<0,1

Таблица 6.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Ниже оптимальных величин	Выше оптимальных величин		ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Іб (140 ... 174)	19,0 ... 20,9	23,1 ... 24,0	15...75	0,1	0,2
Теплый	Іб (140 ... 174)	20,0 ... 21,9	24,1 ... 28,0	15...75*	0,1	0,3

* При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со специальными требованиями.

** При температурах воздуха 26...28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со специальными требованиями.

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров на рабочем месте используются системы вентиляции и отопления.

Вредным веществом, содержащимся в воздухе, является углекислый газ CO₂, который возникает от жизнедеятельности людей на рабочих местах. Большое содержание углекислого газа в закрытом помещении вызывает у человека слабость, сонливость, головные боли, снижает умственную и физическую активность. ПДК CO₂ в воздухе согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» составляют 20 мг/м³.

Повышенный уровень шума

Шумом принято считать различные нежелательные для человека звуки. Шум в производственном помещении возникает от работы вентилятора, большого расхода горячего воздуха во время процесса сушки, работы самой сушильной камеры. Так же, как и микроклимат, шум влияет на самочувствие человека.

Одним из методов уменьшения воздействия шума в лаборатории является снижение или ослабление шума в его источниках – генераторы, нагреватели, трансформаторы, вентиляторы, специализированные механизмы и устройства. Своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума.

В таблице 6.4 приведены допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука, которые регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Таблица 6.4 – Допустимые уровни шума

Рабочие места	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, по дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ОРУ	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочего места – неотъемлемый элемент, влияющий на благоприятные условия труда работника. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения в рабочей зоне способствует развитию близорукости, затрудняет продолжительную работу и вызывает утомление. Излишне яркий свет снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность.

Работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблицах 6.5, 6.6. Требования к освещению на рабочих местах, в работе которых используются ПК, представлены в таблице 6.7 согласно СП 52.13330.2011.

Таблица 6.5 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	Б	1	Не менее 70
			2	Менее 70

Таблица 6.6 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Искусственное освещение				Естественное освещение	
	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности КП, %, не более	КЕО еН, %, при	
					Верхнем или комбинированном	Боковом
Высокой точности	300	100*	21 18**	15	3,0	1,0
	200	75*	24 18**	20 15***	2,5	0,7

Таблица 6.7 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	300–500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Так как трудовая деятельность оператора АСУ ТП, в частности, связана с работой за персональным компьютером, то на него оказывается воздействие электромагнитного излучения. Источниками электромагнитного излучения являются все элементы персонального компьютера. Электромагнитные излучения негативно влияют на нервную, эндокринную и сердечно-сосудистую системы.

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПВМ, представлены в таблице 6.8, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 6.8 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Электробезопасность

Источниками поражения электрическим током человека являются ПЭВМ, периферийные устройства, а также само оборудование, токоведущие элементы и

элементы, находящиеся под напряжением. Последствиями поражения являются ожоги на теле, судороги, потеря сознания и даже смерть человека.

Помещение, в котором находится рабочее место, можно отнести к классу без повышенной опасности, которая соответствует условиям согласно с ГОСТ 12.1.038-82: напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц; относительная влажность воздуха 50%; температура около 24°C; наличие полового покрытия, непроводящего ток.

Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

Процесс сушки характеризуется использованием горячего воздуха температурой 120 °C вследствие чего нагревается сама сушильная камера и части оборудования, по которым передвигается горячий воздух. Последствиями контакта с высоко нагретыми поверхностями являются ожоги.

6.2.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Для обеспечения нормального микроклимата и благоприятной работы трудящегося в диспетчерском помещении предусматривается система вентиляции и отопления. Также вентиляция используется для поддержания в норме уровень углекислого газа в помещении.

Для снижения воздействия шума на слуховой аппарат рабочего используются наушники или беруши, которые обеспечивают меньшее проникновение звуковых волн.

Для обеспечения достаточной освещенности необходимо опираться на СП 52.13330.201 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03.

Для того, что снизить воздействие ЭМП осуществляют следующие мероприятия: соблюдение расстояния между работником и монитором не менее 50 см, использование средств экранирующей индивидуальной защиты.

Основными мерами по предотвращению и предупреждению негативного воздействия электрического тока на работника являются:

- мероприятия по заземлению;
- использование автоматических выключателей, в случае короткого замыкания, пробоев;
- изоляция токоведущих элементов от случайного контакта;
- использование независимых источников питания.

ГОСТ Р 30331.4-95 регламентирует, что мерами предосторожности от теплового воздействия являются:

- соблюдать ТБ при работе с исследуемыми нагретыми частями;
- выполняйте все работы по обслуживанию только при полностью отключенном от сети питанием оборудовании и после остывания нагретых частей;
- использовать перчатки из негорючего материала для защиты от ожогов.

6.3 Экологическая безопасность

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) – это возникновение в окружающей среде новых, как правило не характерных химических, биологических или физических загрязнителей, или избыток их естественного среднесуточного уровня в разного рода средах, приводящее к негативным воздействиям.

В таблице 6.9 представлены источники неблагоприятного воздействия и природоохранные мероприятия.

Таблица 6.9 – Неблагоприятные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при обслуживании и эксплуатации системы

Элемент окружающей природной среды	Источник загрязнения	Природоохранное мероприятие
Атмосфера	Выбросы в виде CO ₂ и NO в результате неэффективного сжигания микроэмульсионного топлива	- Изменение состава топлива, например, увеличение доли воды для более интенсивного горения и полного сжигания топлива;

Продолжение таблицы 6.9

Элемент окружающей природной среды	Источник загрязнения	Природоохранное мероприятие
Атмосфера		- Контроль расхода воздуха в камере сгорания; - Регулирование температуры в камере сгорания.
Человек	Выбросы сажи и других мелких частиц, попадающих в дыхательные пути и вызывающих хронические заболевания	- Применение специальных фильтров или абсорберов с целью снижения попадания мелких частиц в атмосферу

Для снижения выбросов необходимо контролировать расход воздуха в камере сгорания. При нехватке окислителя возникает большой недожог, что приводит к увеличению количества золовидных отходов процесса сжигания топливной композиции. При избытке воздуха образуются оксиды азота.

Регулирование температуры в камере сгорания является одним из важных аспектов в системе сжигания топлива, так как наибольшее влияние на образование оксида азота оказывает температура.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, которая сложилась вследствие аварии, страшного природного явления, человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, крупные материальные утраты и нарушение условий жизнедеятельности общества.

В настоящее время основными способами защиты населения, в том числе и производственного персонала, являются:

- укрытие в защитных сооружениях;
- проведение эвакуационных мероприятий;
- использование средств индивидуальной защиты.

В лаборатории и на производстве наибольшую опасность представляет возникновение возгорания. При работе топливной системы могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации:

- воспламенение топливной системы и прилегающей к ней территории при превышении температурных уставок и уставок по давлению;
- самовозгорание топлива при неправильном хранении и транспортировке;
- короткое замыкание;
- перегрузка сетей, способствующая сильному нагреву токоведущих элементов и возгоранию;
- взрыв топливного бака из-за избыточного давления.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, а также других электрических средств автоматизации.

Для предотвращения остальных видов ЧС необходимо контролировать состояние всех каналов топливной системы с горючим путем внешнего осмотра, а также измерения в них температуры и давления. Для предотвращения воспламенения система должна быть оснащена средствами пожаротушения (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем) и средствами связи.

6.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения работы по данному разделу стоит отметить основную задачу – формирование у выпускника социальной ответственности перед обществом и окружающей средой.

Преимуществом данной разработки является снижение негативных выбросов за счет водоземulsionного топлива.

Как итог работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

- в работе рассмотрена социальная ответственность предприятия, указаны пагубные воздействия на окружающую среду;
- выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве;
- указаны методики и средства борьбы с этими факторами;
- описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению.

Заключение

В рамках выполнения настоящей выпускной квалификационной работы разработана автоматическая система предварительного подогрева микроэмульсионного топлива перед впрыском в камеру сгорания.

Данная система является трехуровневой. На нижнем уровне располагаются технические средства автоматизации: датчики, измерительные преобразователи, исполнительный механизм, а также запорная арматура. На среднем уровне расположен программируемый логический контроллер, представляющий собой регулирующее устройство. Имеется возможность осуществлять дистанционное управление технологическим процессом с верхнего уровня с помощью разработанной SCADA-системы. Разработан перечень проектной документации: составлена структурная схема автоматической системы, спроектированы функциональная, принципиальная электрическая и монтажная схемы, разработан общий вид щита автоматизации, выбраны технические средства, составлена заказная спецификация.

Проведены экспериментальные исследования характеристик парообразования и коагуляции дисперсной фазы биодизельных топливных микроэмульсий, нагреваемых на твердой поверхности в виде тонких пленок. В результате исследований выбран наиболее перспективный топливный образец, и проведена проверка его работоспособности в условиях разрабатываемой топливной системы, оснащенной устройством для подогрева топлива.

Проведена оценка ресурсоэффективности и конкурентоспособности разрабатываемой системы. Проектируемая автоматическая система управления имеет большой потенциал, она конкурентоспособна и перспективна. Главным достоинством системы является ее применимость в условиях использования экологически более чистого биодизельного микроэмульсионного топлива.

Рассмотрено влияние вредных факторов на организм человека и окружающую среду в процессе эксплуатации системы. Разработаны инструкции и мероприятия по устранению и минимизации влияния негативных факторов.

Список использованных источников

1. Kadota T., Yamasaki H. Recent advances in the combustion of water fuel emulsion // Prog. Energy Combust. Sci. 2002. Vol. 28, № 5. P. 385–404.
2. Lif A., Holmberg K. Water-in-diesel emulsions and related systems // Adv. Colloid Interface Sci. 2006. Vol. 123–126. P. 231–239.
3. Lin C.-Y., Wang K.-H. Diesel engine performance and emission characteristics using three-phase emulsions as fuel // Fuel. 2004. Vol. 83, № 4. P. 537–545.
4. Jiaqiang E. et al. Performance and emission evaluation of a marine diesel engine fueled by water biodiesel-diesel emulsion blends with a fuel additive of a cerium oxide nanoparticle // Energy Convers. Manag. 2018.
5. Watanabe H. et al. An experimental investigation of the breakup characteristics of secondary atomization of emulsified fuel droplet // Energy. 2010. Vol. 35, № 2. P. 806–813.
6. Avulapati M.M. et al. Experimental understanding on the dynamics of micro-explosion and puffing in ternary emulsion droplets // Fuel. 2019. Vol. 239. P. 1284–1292.
7. Debnath B.K., Saha U.K., Sahoo N. A comprehensive review on the application of emulsions as an alternative fuel for diesel engines // Renew. Sustain. Energy Rev. 2015. Vol. 42. P. 196–211.
8. Ashihmin A. et al. Thermal stability control of the water-in-diesel microemulsion fuel produced by using a nonionic surfactant combined with aliphatic alcohols // J. Dispers. Sci. Technol. Taylor & Francis, 2020. Vol. 41, № 5. P. 771–778.
9. Ashikhmin A. et al. Properties and Phase Behavior of Water-in-Diesel Microemulsion Fuels Stabilized by Nonionic Surfactants in Combination with Aliphatic Alcohol // Energy and Fuels. 2020. Vol. 34, № 2. P. 2135–2142.
10. Acharya B., Dash S. Tuning commercial diesel to microemulsified and blended form: phase behavior and implications // J. Dispers. Sci. Technol. Taylor & Francis, 2019. Vol. 40, № 8. P. 1159–1168.
11. Neuma de Castro Dantas T., da Silva A.C., Neto A.A.D. New microemulsion systems using diesel and vegetable oils // Fuel. 2001. Vol. 80, № 1. P. 75–81.

12. Lin Y.C. et al. Approach for energy saving and pollution reducing by fueling diesel engines with emulsified biosolution/biodiesel/diesel blends // *Environ. Sci. Technol.* 2008. Vol. 42, № 10. P. 3849–3855.
13. Ithnin A.M. et al. Emulsifier-free Water-in-Diesel emulsion fuel: Its stability behaviour, engine performance and exhaust emission // *Fuel*. 2018. Vol. 215. P. 454–462.
14. Patil H. et al. Analyzing the Stability of the Water-in-Diesel Fuel Emulsion // *J. Dispers. Sci. Technol.* 2015. Vol. 36, № 9.
15. Najjar R., Heidari S. Modified diesel prepared by stabilization of water as nanodroplets in diesel/colza oil blend: Study of phase behavior and affecting parameters // *Fuel*. 2018. Vol. 214. P. 497–504.
16. Tarlet D. et al. Prediction of micro-explosion delay of emulsified fuel droplets // *Int. J. Therm. Sci.* 2009. Vol. 48, № 2. P. 449–460.
17. Antonov D.V., Piskunov M.V., Strizhak P.A. Breakup and explosion of droplets of two immiscible fluids and emulsions // *Int. J. Therm. Sci.* 2019. Vol. 142. P. 30–41.
18. Fanun M. *Microemulsions: Properties and Applications*. CRC Press, 2008.
19. Moita A.S., Moreira A.L.N. Development of empirical correlations to predict the secondary droplet size of impacting droplets onto heated surfaces // *Exp. Fluids*. 2009. Vol. 47, № 4–5. P. 755–768.
20. Chaves H., Kubitzek A.M., Obermeier F. Dynamic processes occurring during the spreading of thin liquid films produced by drop impact on hot walls // *Int J Heat Fluid Flow*. 1999. Vol. 20. P. 470–476.
21. Liang G., Mudawar I. Review of drop impact on heated walls // *Int. J. Heat Mass Transf.* Pergamon, 2017. Vol. 106. P. 103–126.
22. Гетлинг А.В. Конвекция Рэлея-Бенара. Структуры и динамика. Эдиториал УРСС Москва, 1999.
23. Koschmieder E.L. *Bénard Cells and Taylor Vortices*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1993.
24. BLOCK M.J. Surface Tension as the Cause of Bénard Cells and Surface

- Deformation in a Liquid Film // *Nature*. 1956. Vol. 178, № 4534. P. 650–651.
25. Perez-Garcia C., Cerisier P., Occelli R. Pattern Selection in the Bénard-Marangoni Instability // *Propagation in Systems Far from Equilibrium* / ed. Wesfreid J.E. et al. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1988. P. 232–239.
 26. Palm E. On the tendency towards hexagonal cells in steady convection // *J. Fluid Mech.* Cambridge University Press, 1960. Vol. 8, № 2. P. 183–192.
 27. Busse F.H. The stability of finite amplitude cellular convection and its relation to an extremum principle // *J. Fluid Mech.* Cambridge University Press, 1967. Vol. 30, № 4. P. 625–649.
 28. Kumar A., Mandal D.K. Impact of emulsion drops on a solid surface: The effect of viscosity // *Phys. Fluids*. 2019. Vol. 31, № 102106.
 29. Breitenbach J. et al. Characterization of secondary droplets during thermal atomization regime // *Exp. Therm. Fluid Sci.* 2018. Vol. 98. P. 516–522.
 30. Chausalkar A., Kong S.-C., Michael J.B. Multicomponent drop breakup during impact with heated walls // *Int J Heat Mass Transf.* 2019. Vol. 141. P. 685–695.
 31. Sen S., Vaikuntanathan V., Sivakumar D. Impact dynamics of alternative jet fuel drops on heated stainless steel surface // *Int. J. Therm. Sci.* 2017. Vol. 121. P. 99–110.
 32. Chapter 6 - Topics on Boiling: From Fundamentals to Applications // *Boiling* / ed. Koizumi Y. et al. Boston: Elsevier, 2017. P. 443–777.
 33. Dhir V.K. Boiling heat transfer // *Annu. Rev. Fluid Mech.* 1998. Vol. 30. P. 365–401.
 34. Kutateladze S.S. Boiling heat transfer // *Int. J. Heat Mass Transf.* 1961. Vol. 4, № C. P. 31–45.
 35. Shinjo J. et al. Physics of puffing and microexplosion of emulsion fuel droplets // *Phys. Fluids*. 2014. Vol. 26, № 10. P. 103302.
 36. Avulapati M.M. et al. Puffing and micro-explosion of diesel-biodiesel-ethanol blends // *Fuel*. 2016. Vol. 166.
 37. Antonov D. V, Strizhak P.A. Heating, evaporation, fragmentation, and breakup

- of multi-component liquid droplets when heated in air flow // Chem. Eng. Res. Des. 2019. Vol. 146. P. 22–35.
38. Najjar R. Microemulsions - A Brief Introduction // Microemulsions / ed. Najjar R. Rijeka: IntechOpen, 2012.
39. Lif A. et al. Fuel emulsions and microemulsions based on Fischer–Tropsch diesel // Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp. 2010. Vol. 354, № 1. P. 91–98.
40. Skywell. Parts&electronics [Electronic resource]. 2020. URL: <https://skywell.net/топливозаборники-подогреваемые-тп-100-200-300>.
41. Emerson. Аналоговые преобразователи температуры с унифицированным выходным сигналом ТХАУ Метран-271, ТСМУ Метран-274, ТСПУ Метран-276 [Electronic resource]. P. 127–136. URL: <chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbdmfmadadm/https://www.emerson.ru/documents/automation/метран-271-метран-274-метран-276-раздел-каталога-ru-ru-4848882.pdf>.
42. Датчик давления Метран-55 [Electronic resource]. 2019. P. 201–210. URL: <chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbdmfmadadm/https://www.emerson.com/documents/automation/каталог-датчики-давления-метран-выпуск-2019-ru-ru-61692.pdf>.
43. Датчики давления Метран-150 [Electronic resource]. 2019. P. 123–146. URL: <chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbdmfmadadm/https://www.emerson.ru/documents/automation/каталог-датчики-давления-метран-150-раздел-каталога-метран-ru-4848826.pdf>.
44. ПДУ-И-Exd [Electronic resource]. 2019. P. 1. URL: https://owen.ru/product/pdu_i_exd.
45. Исполнительные механизмы МЭО 16 [Electronic resource]. URL: <http://td-prom.ru/produktsiya/ispolnitelnye-mekhanizmy111/278-ispolnitelnye-mekhanizmy-meo-16>.
46. ЭлеСи. Руководство по эксплуатации Элсима [Electronic resource]. 2019. P.

269. URL: <http://elesy.ru/products/products/elsyma/elsyma-m01/ti.aspx>.
47. ОВЕН. Руководство по эксплуатации ПЛК-73 [Electronic resource]. Р. 69. URL: <https://owen.ru/product/plk73>.
48. Siemens. Руководство по эксплуатации SIMATIC S7-200 [Electronic resource]. 2013. Р. 11. URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-200.htm>.
49. Ключев А.С., Глазов Б.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов // Энергоатомиздат. 1990. Р. 464.
50. Кабель.РФ [Electronic resource]. URL: <https://cable.ru/>.
51. Коршунова Л.А., Кузьмина Н.Г. Технико-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения // Томск Изд-во ТПУ. 2012.